



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ENTRE LOS  
CASERÍOS DE CHILAL Y PUCARÁ, DISTRITO PULÁN, PROVINCIA  
SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO CAJAMARCA, 2018”**

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

#### **AUTORES:**

**RICARDO BRUNO CHÁVARRY FERNÁNDEZ**

**LUIS DIEGO ÁNGULO VILCHEZ**

#### **ASESOR:**

**ING. LUIS HORNA ARAUJO**

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL**

**TRUJILLO - PERÚ**

**2019**

## **PÁGINA DEL JURADO**

---

ING. ALAN VALDIVIESO VELARDE  
PRESIDENTE

---

ING. MARLON FARFÁN CÓRDOVA  
SECRETARIO

---

ING. LUIS HORNÁ ARAUJO  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

A Dios, que día a día me dio la sabiduría y fortaleza para finalizar de manera exitosa esta etapa de mi desarrollo como profesional.

A mis padres, por haberme brindado siempre su apoyo durante toda mi etapa de formación académica, para poder llegar a cumplir mi objetivo de ser profesional.

A mi familia que siempre me dieron los mejores consejos y la motivación para seguir adelante y lograr mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer en primer lugar a Dios por permitirme terminar exitosamente este proyecto, que permitirá cumplir con mi objetivo como profesional.

A mi familia, por motivarme a ser mejor cada día hasta cumplir mis objetivos.

A la Universidad Cesar Vallejo y a sus docentes, quienes con sus enseñanzas supieron guiarnos durante nuestro desarrollo personal y profesional.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Ricardo Bruno Chávarry Fernández, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 71545833; a consecuencia de cumplir con las disposiciones actuales consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, enero del 2019

---

Ricardo Bruno Chávarry Fernández

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Luis Diego Angulo Vélchez, estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 71387672; a consecuencia de cumplir con las disposiciones actuales consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, enero del 2019

---

Luis Diego Angulo Vélchez

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos, de la Universidad César Vallejo de Trujillo, presento ante ustedes la tesis titulada: “DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ENTRE LOS CASERÍOS DE CHILAL Y PUCARÁ, DISTRITO PULÁN, PROVINCIA SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO CAJAMARCA, 2018”, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Agradecemos por los aportes y sugerencias brindadas a lo largo del desarrollo del presente estudio y de esta manera realizar una investigación más eficiente. El trabajo mencionado determina la importancia y la influencia que tiene un proyecto Vial de Ingeniería dentro de las zonas rurales del distrito de Pulan, por lo que constatamos que una vía es indispensable para el desarrollo de la población.

---

Ricardo Bruno Chávarry Fernández

---

Luis Diego Angulo Vélchez

## Índice

<b>PÁGINA DEL JURADO</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>IV</b>
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD</b>	<b>V</b>
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD</b>	<b>VI</b>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XVI</b>
<b><u>I. INTRODUCCIÓN</u></b>	<b><u>17</u></b>
<b>1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA</b>	<b>17</b>
1.1.1. ASPECTOS GENERALES:	18
<b>1.2. TRABAJOS PREVIOS</b>	<b>21</b>
<b>1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA</b>	<b>22</b>
<b>1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>27</b>
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</b>	<b>27</b>
<b>1.6. HIPÓTESIS</b>	<b>28</b>
<b>1.7. OBJETIVOS</b>	<b>28</b>
1.7.1. OBJETIVO GENERAL	28
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
<b><u>II. MÉTODO</u></b>	<b><u>29</u></b>
<b>2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>29</b>
<b>2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN</b>	<b>29</b>
2.2.1. VARIABLE	29
2.2.2. DIMENSIONES	29
2.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	30
<b>2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>32</b>
<b>2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	<b>32</b>
2.4.1. TÉCNICAS	32
2.4.2. INSTRUMENTOS	32



<b>2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>32</b>
<b>2.6. ASPECTOS ÉTICOS</b>	<b>32</b>
<b><u>III. RESULTADOS</u></b>	<b>33</b>
<b>3.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO</b>	<b>33</b>
3.1.1. GENERALIDADES	33
3.1.2. UBICACIÓN	33
3.1.3. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA	33
3.1.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	33
3.1.5. PROCEDIMIENTO	34
3.1.6. TRABAJO DE GABINETE	35
<b>3.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CANTERA</b>	<b>37</b>
3.2.1. ESTUDIO DE SUELOS	37
3.2.2. ESTUDIO DE CANTERA	43
<b>3.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y OBRAS DE ARTE</b>	<b>45</b>
3.3.1. HIDROLOGÍA	45
3.3.2. INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA Y CARTOGRÁFICA	47
3.3.3. HIDRÁULICA Y DRENAJE	54
3.3.4. RESUMEN DE OBRAS DE ARTE	66
<b>3.4. DISEÑO GEOMÉTRICO</b>	<b>68</b>
3.4.1. GENERALIDADES	68
3.4.2. NORMATIVA	68
3.4.3. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS	68
3.4.4. ESTUDIO DE TRÁFICO	69
3.4.5. PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO EN ZONA RURAL	74
3.4.6. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA	75
3.4.7. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL	81
3.4.8. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	86
3.4.9. RESUMEN DEL DISEÑO:	90
3.4.10. DISEÑO DE PAVIMENTO	91
3.4.11. SEÑALIZACIÓN	94
<b>3.5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>101</b>
3.5.1. GENERALIDADES	101

3.5.2.	OBJETIVOS	101
3.5.3.	LEGISLACIÓN Y NORMAS	101
3.5.4.	INFRAESTRUCTURAS DE SERVICIO	102
3.5.5.	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	102
3.5.6.	ÁREA DE INFLUENCIA	103
3.5.7.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL PROYECTO	103
3.5.8.	DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	105
3.5.9.	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	110
3.5.10.	PROGRAMA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO	113
3.5.11.	PLAN DE CONTINGENCIAS	114
3.5.12.	PLAN DE ABANDONO	115
<b>3.6.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTOS</b>	<b>116</b>
3.6.1.	RESUMEN DE METRADOS	116
3.6.2.	PRESUPUESTO GENERAL	117
3.6.3.	CÁLCULO DE PARTIDA COSTO DE MOVILIZACIÓN	118
3.6.4.	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS	118
3.6.5.	RELACIÓN DE INSUMOS	118
3.6.6.	FÓRMULA POLINÓMICA	120
<b><u>IV.</u></b>	<b><u>DISCUSIÓN</u></b>	<b><u>121</u></b>
<b><u>V.</u></b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>124</u></b>
<b><u>VI.</u></b>	<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b><u>125</u></b>
<b><u>VII.</u></b>	<b><u>REFERENCIAS</u></b>	<b><u>126</u></b>
<b><u>ANEXOS</u></b>		<b><u>129</u></b>

## Índice de Figuras

<i>Figura 1 – Mapa Político del Perú</i>	18
<i>Figura 2 – Mapa Político Cajamarca</i>	18
<i>Figura 3 – Provincia de Santa Cruz</i>	19
<i>Figura 4 – Representación gráfica de un vehículo</i>	25
<i>Figura 5 – Curvas Intensidad – Duración - Frecuencia</i>	52
<i>Figura 6 - Sección Típica de Cuneta triangular</i>	55
<i>Figura 7 - Dimensiones de Cuneta Revestida</i>	58
<i>Figura 8- Dimensiones Del Baden</i>	65
<i>Figura 9 - Variación del tráfico en las 24 horas</i>	70
<i>Figura 10 - Elementos de la curva circular</i>	76
<i>Figura 11 - Elemento de una Curva Circular con espiral</i>	77
<i>Figura 12 - Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas</i>	82
<i>Figura 13 - Elementos de la curva vertical simétrica</i>	82
<i>Figura 14 - Longitud mínima de curva vertical convexa - Distancia de visibilidad de parada</i>	83
<i>Figura 15 - Longitud mínima de curvas verticales convexas - Distancia de visibilidad de paso</i>	84
<i>Figura 16 - Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas</i>	84
<i>Figura 17 - Casos de bombeo</i>	87
<i>Figura 18 – Sección Tipo</i>	89
<i>Figura 19 – Tipos de Señales Verticales</i>	94
<i>Figura 20 – Señal de Velocidad de 30Km/h</i>	95
<i>Figura 21 – Señales Informativas</i>	96
<i>Figura 22 – Ubicación de las señales en zona Rural</i>	97
<i>Figura 23 – Ilustración de señales horizontales</i>	98
<i>Figura 24 – Línea de borde de calzado</i>	99
<i>Figura 25 – Línea Central</i>	99
<i>Figura 26 – Delineador de Piso</i>	99
<i>Figura 27 – Señal CHEVRON</i>	100

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1 – Operacionalización de Variables</i>	30
<i>Tabla 2 – Coordenadas UTM de carretera</i>	33
<i>Tabla 3 – Puntos de Georreferenciación</i>	35
<i>Tabla 4 - Número de calicatas para la exploración</i>	37
<i>Tabla 5 - Número de CBR para exploración de suelos</i>	38
<i>Tabla 6 - Ubicación de calicatas</i>	38
<i>Tabla 7 - Resumen de las Propiedades del Suelo</i>	42
<i>Tabla 8 – Resultados de las Propiedades de Cantera</i>	44
<i>Tabla 9 - Valores Máximos de Riesgo Admisible</i>	46
<i>Tabla 10 - Periodo de Retorno para obras de arte</i>	46
<i>Tabla 11 - Precipitaciones Máximas Anuales</i>	47
<i>Tabla 12 - Distribución de Probabilidades</i>	48
<i>Tabla 13 - Lluvias Máximas</i>	50
<i>Tabla 14 - Intensidades Máximas (mm/hr)</i>	50
<i>Tabla 15 – Resultados del análisis de regresión</i>	51
<i>Tabla 16 - Intensidades Máximas de Diseño</i>	51
<i>Tabla 17 – Formulas para Tiempo de Concentración</i>	52
<i>Tabla 18 – Cuencas Hidrográficas</i>	54
<i>Tabla 19 – Inclinaciones Máximas del Talud (V: H) interior de la cuneta</i>	55
<i>Tabla 20 - Dimensiones mínimas de la sección de la cuneta</i>	55
<i>Tabla 21 - Coeficiente de Escurrimiento para el diseño de Cunetas</i>	56
<i>Tabla 22 – Intensidad de Precipitación para el Diseño de Cunetas</i>	56
<i>Tabla 23 – Ancho Tributario para el Diseño de Cunetas</i>	56
<i>Tabla 24 – Caudales para el Diseño de Cunetas</i>	57
<i>Tabla 25 – Dimensiones del Diseño de Cunetas</i>	59
<i>Tabla 26 - Diámetros de Alcantarillas</i>	60
<i>Tabla 27 – Tiempo de Concentración para el Diseño de Alcantarillas de Paso</i>	60
<i>Tabla 28 – Intensidad de Precipitación para el Diseño de Alcantarillas de Paso</i>	61
<i>Tabla 29 – Caudal para el Diseño de Alcantarillas de Paso</i>	61
<i>Tabla 30 – Caudal total a Drenar de las Alcantarillas de Paso</i>	61
<i>Tabla 31 – Dimensiones propuestas para Alcantarillas de Paso</i>	62
<i>Tabla 32 – Resultados de alcantarillas de Paso - HCANALES</i>	62
<i>Tabla 33 – Dimensiones Finales para alcantarillas de paso</i>	62
<i>Tabla 34 – Caudal para el Diseño de alcantarillas de Alivio</i>	63
<i>Tabla 35 – Dimensiones Propuestas para alcantarillas de Alivio</i>	63
<i>Tabla 36 – Resultados de alcantarillas de Alivio - HCANALES</i>	64

Tabla 37 – Tiempo de Concentración para el Diseño del badén	64
Tabla 38 – Intensidad de Precipitación para el Diseño del badén	64
Tabla 39 – Caudal para el Diseño del Badén	64
Tabla 40 – Caudal total a drenar el Badén	65
Tabla 41 – Dimensiones del Badén	65
Tabla 42 – Resultado de dimensiones de cunetas	66
Tabla 43 – Resultados de Dimensiones de Alcantarillas de Paso	66
Tabla 44 – Resultados de Dimensiones de Alcantarillas de Alivio	67
Tabla 45 – Resultados de Dimensiones de Badén	67
Tabla 46 – Resultado del conteo Vehicular	70
Tabla 47 - Flujo Vehicular de vehículos ligeros, Cajamarca, 2017	70
Tabla 48 - Flujo Vehicular de vehículos pesados, Cajamarca, 2017	71
Tabla 49 – Formato de Conteo del MTC	71
Tabla 50 – IMDA corregido por factores	72
Tabla 51 – Proyección del tráfico a 10 años	72
Tabla 52 – Ejes equivalentes del tráfico	73
Tabla 53 – Tipos de Vehículos	73
Tabla 54 – Índice Medio Diario Anual del proyecto	74
Tabla 55 – Velocidad de Diseño del proyecto	74
Tabla 56 – Radios Mínimos del proyecto	74
Tabla 57 – Anchos Mínimos del Proyecto	74
Tabla 58 – Longitudes de tramos en tangente	75
Tabla 59 - Radios que permiten prescindir de la curva de transición	77
Tabla 60 – Resultados del Diseño Geométrico en Planta	80
Tabla 61 – Resultados del diseño geometrico en perfil	85
Tabla 62 – Anchos mínimos de calzada en tangente	86
Tabla 63 - Ancho de bermas	86
Tabla 64 - Inclinationes Transversales Mínimas de las Bermas	87
Tabla 65 - Valores del bombeo de la calzada (%)	87
Tabla 66 - Valores de peralte máximo y mínimo	88
Tabla 67 - Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente	88
Tabla 68 - Valores referenciales para taludes en corte (V: H)	88
Tabla 69 - Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)	89
Tabla 70 – Resultados del Diseño Geométrico en Planta	90
Tabla 71 - Categorías de Sub Rasante	91
Tabla 72 - CBR de la vía	91
Tabla 73 – Resultados del Diseño Geométrico en Planta	92

<i>Tabla 74 - Tipos De Tráfico Pesado Expresado En EE</i>	92
<i>Tabla 75 - Tipos de Capa Superficial</i>	93
<i>Tabla 76 -Señales de Prevención Utilizadas</i>	95
<i>Tabla 77 – Características de las señales</i>	97
<i>Tabla 78 - Espaciamiento para Delineadores Elevados</i>	100
<i>Tabla 79 - Matriz causa – efecto de impacto ambiental</i>	104
<i>Tabla 80 -Resumen de impactos ambientales negativos</i>	108
<i>Tabla 81 - Resumen de impactos ambientales positivos</i>	110

## **RESUMEN**

El objetivo de la presente investigación es realizar el diseño del mejoramiento de la carretera que une los caseríos de Chilal y Pucará, en el distrito de Pulan, Provincia de Santa Cruz, Departamento de Cajamarca con una longitud aproximada de 10km. Los caseríos de Chilal-Pucará se encuentran a 2689 m.s.n.m., la topografía de estos lugares es del tipo 3 (accidentado) con 12% de pendientes longitudinales; el tipo de suelo es una arena arcillosa (SC). El diseño consideró un ancho de calzada mínimo de 6m, ancho de berma de 0.50m, un bombeo de 2.5%, un peralte máximo de 12%, pendientes longitudinales máximas de 10%, radio mínimo de 25m, curva de volteo de radio de 15m y una velocidad directriz de 30 km/h. Como obras de arte se consideró cunetas de sección triangular de 0.40x1.00m y alcantarillas de diámetro de 36 y 48 pulgadas. La superficie de rodadura se consideró con micropavimento, base y subbase.

Palabras claves:       Diseño geométrico, mejoramiento, carreteras.

## **ABSTRACT**

The objective of the present investigation is to design the improvement of the road that connects the Chilal and Pucará hamlets, in the district of Pulan, Province of Santa Cruz, Department of Cajamarca with an approximate length of 10km. The hamlets of Chilal-Pucará is located at 2689 masl. The topography of these places is type 3 (rugged) with 12% of longitudinal slopes; the type of soil is a clay sand (SC). The design considered a minimum roadway width of 6m, berm width of 0.50m, a pump of 2.5%, a maximum cant of 12%, maximum longitudinal slopes of 10%, minimum radius of 25m, a 15m radius turning curve and a directive speed of 30 km / h. As works of art it was considered ditches of triangular section of 0.40x1.00m and culverts of diameter of 36 and 48 inches. The rolling surface was considered with micropavimento, base and subbase.

**Keywords:** Geometric design, improvement, roads.



## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

Las carreteras son importantes porque unen localidades, realizando el transporte de las personas y sus recursos, ya sea en el ámbito nacional como internacional, beneficiando al pueblo y a sus pobladores con nuevos ingresos económicos.

Son muchos los factores que generan la necesidad en la zona rural de nuestro país, uno de ellos es la comunicación de la localidad a los servicios básicos, sociales, empleo, talleres y mercados; y otro es el precio del transporte. El esfuerzo de los agricultores para generar el mejor de sus productos de jornada en jornada y obtener un beneficio económico de estos, es afectado por el mal estado de las carreteras.

Torres (2016), determinó que los caminos rurales mejorados a nivel de pavimento reducen el costo de transporte entre un 15% a un 40% a la vez un aumento en la exportación entre un 10% a un 23%. También indicó que la apertura de nuevas trochas reduce el tiempo y costo del transporte, adquiriendo más ganancias a los agricultores. En su investigación también indicó que existe un gran porcentaje de lugares que no se encuentran unidos aun por carreteras y otras están en pésimas condiciones y no pueden ser utilizadas; a consecuencia de esto el Perú está posicionado en el lugar 101 con respecto a disponibilidad y calidad de la infraestructura de transporte. (World Economic Forum)

Al unir dos zonas productivas o más con una carretera mejorada generaríamos beneficios económicos como sociales, además el desplazamiento de los pobladores y reducción de los costos de operación de los vehículos impulsando la economía en general.

Chilal, El Progreso y Pucará ubicados en el distrito de Pulán, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, cuentan con una carretera sin pavimento, sin señalizaciones, con tramos sinuosos y taludes inestables, generando dificultad en el tránsito de los vehículos causando accidentes, generando sobrecostos para los pobladores y dificultando la importación. Por tal motivo necesitan con urgencia el mejoramiento de su carretera para poder trasladar sus productos a la ciudad y mejorar su calidad de vida.

### 1.1.1. Aspectos Generales:

#### 1.1.1.1. Ubicación Política

- Zona de Estudio : Chilal - Pucará
- Distrito : Pulán
- Provincia : Santa Cruz
- Departamento : Cajamarca

#### 1.1.1.2. Ubicación Geográfica



Figura 1 – Mapa Político del Perú

Fuente: Elaboración Propia

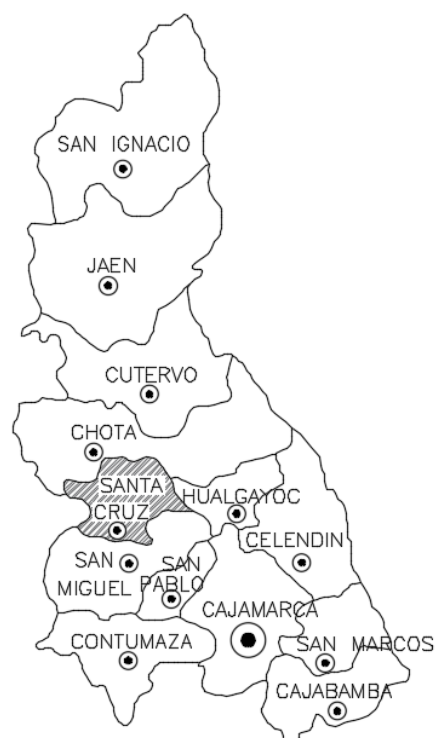


Figura 2 – Mapa Político Cajamarca

Fuente: Elaboración Propia



Figura 3 – Provincia de Santa Cruz

Fuente: Santa Cruz

#### 1.1.1.3. Límites

La provincia de Santa Cruz se encuentra situada en el departamento de Cajamarca, en la sierra Norte del Perú.

Su extensión o superficie total cubre los 1417.93 Km<sup>2</sup>, teniendo como capital Santa Cruz de Succhabamba, ubicado entre las coordenadas, 6°35'40" de Latitud Sur y 78°50'46"

Políticamente se divide en 11 distritos, los cuales son: Santa Cruz, Andabamba, Catache Chancaybaños, La Esperanza, Ninabamba, Pulán, Saucapampa, Sexi, Utcyacu, Yauyucan.

#### 1.1.1.4. Clima

El clima en Pulán es cálido y templado. Pulán tiene una cantidad significativa de lluvia durante el año. Esto es cierto incluso para el mes más seco. El clima aquí se clasifica como Cfb por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura aquí es en promedio 16.3 ° C. Precipitaciones aquí promedios 1155 mm.

El mes más seco es julio, con 26 mm de lluvia. Con un promedio de 200 mm, la mayor precipitación cae en marzo.

#### 1.1.1.5. Aspectos demográficos.

La población en el área de influencia del proyecto del mejoramiento de la carretera, está conformada por los habitantes de los caseríos Chilal y Pucará, pertenecientes al distrito de Pulán y cuentan con una gran ganadería que son vendidos a Pulán y otros distritos más, pero con el mejoramiento de la carretera a los pobladores se les facilitará el traslado de sus productos en un menor tiempo, en total los beneficiados serán los caseríos de Chilal, El progreso y Pucara con una población total de 1090 habitantes en 285 viviendas.

#### 1.1.1.6. Vías de acceso

Para llegar al distrito de Pulán tomamos el camino por Chiclayo con dirección a Santa Cruz en una carretera asfaltada de 124 km por un tiempo de 4 horas, luego de Santa Cruz en dirección a Pulán en una trocha carrozable de 45 km por un tiempo de 2 horas, de allí al inicio del proyecto (Caserío de Chilal) una trocha existente de 20km en un tiempo de 1 hora y 20 minutos.

#### 1.1.1.7. Infraestructura de servicios

Los pobladores de los caseríos Chilal, El Progreso y Pucará no cuentan con ninguna de estas infraestructuras, el centro educativo y el puesto de salud más cercano se encuentran en el caserío de la Muyupana

## 1.2. Trabajos previos

Se tomó varias investigaciones anteriores las cuales brindan información resaltante que ayudaran a la elaboración del presente trabajo.

Carrasco y Zunini, (2018) en su proyecto titulado “Estudio definitivo de la carretera centro Poblado Campamento Rocoto – ciudad de Querocoto, distrito de Querocoto, provincia de Chota, Región de Cajamarca” concluyeron que las canteras a suministrar de materiales al proyecto deben contar con un CBR excelente mayor a 30%, ellos contaron con una cantera con CBR (41.63%) con IP de 11.35%. Con respecto al tipo de suelo de la carretera fue definida como SC y CL. Diseño un pavimento flexible con espesores para Sub Base Granular 25 cm; Base Granular 20 cm; Carpeta de Rodadura 5 cm, para este fin se utilizó el método AASHTO 1993. El diseño se realizó con el vehículo C2. El impacto negativo más grande fue la eliminación de árboles.

Alamo y Santamaria, (2017) en su investigación llamada “Estudio Definitivo de la Carretera EL Rejo - Andabamba- Yauyucan - Ninabamba, Provincia de Santa Cruz, Departamento de Cajamarca”, consiguieron como pavimento 20cm de sub-base, 15cm de base y un tratamiento superficial bicapa (primera capa: 0.95cm, segunda capa 0.60cm) Además concluyeron que el proyecto es estructural y económicamente viable.

Pérez y Ruiz, (2015) en su trabajo nombrado “Diseño de la carretera de acceso desde centro poblado La Conga -La Palma al centro poblado Mitopampa, distrito de Yauyucán, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca” sus resultados fueron: la longitud de la calzada es 9.22 km, el ancho de calzada es 4.00 m, ancho de bermas 0.50 m, el talud de corte es de 1 :2, en el talud de relleno es de 1:1.5 Los tipos de suelos predominantes son SC, CL-ML, CH, ML. El diseño de pavimento flexible es en frio se utilizó el método AASHTO 1993, teniendo los siguientes espesores: Sub Base Granular 10cm; Base Granular 10cm; Carpeta de Rodadura 5cm y el costo de la carretera asfaltada por km. es de: S/. 1 '312,399.00.

Peláez y Ulloa, (2015) en su proyecto de investigación nombrada “Diseño de la carretera Calamarca – Calamarca Alta Sector Chinchinbara, distrito Calamarca – provincia de Julcán – departamento de La Libertad” La topografía se puntualizó entre el 1% y 10% como pendientes, estableciendo el alineamiento y perfil longitudinal para

realizar un moderado movimiento de tierras; se determinó los grosores de la sub base y base según el tráfico y tipo de suelo.

Huamán, (2011) en su proyecto de investigación “La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú” observaron que los pavimentos asfálticos tienen diferentes duraciones de vida según el clima de la zona donde se colocan, además del tránsito, propiedades del terreno de fundación, el proceso de construcción entre otros.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **Proyectos de mejoramiento de trazado**

Según el Manual de carreteras Diseño Geométrico (DG-2018) Trata de aquellos proyectos importantes que se adecuaran a un servicio mejor y de más nivel de infraestructura, en los cuales se realiza mejoras en el trazado en planta así como también en perfil para tramos largos en vías actuales, se vendrá a trabajar mejoras en el eje de en sí de la vía o agregando cambios con respecto a ella, del mismo modo se efectuarán variantes en el drenaje de una trocha carrozable y en todo lo comprendido en la geometría para un proceso nuevo. Si se va a trabajar solo la plataforma en concepto de ampliación, se tomará como referencia la calzada presencial tomando en cuenta su planta y perfil. Ya para plataforma de segundas calzadas independientes, se realizará el nuevo trazado en todo su contexto.

#### **Reconocimiento del Terreno**

El reconocimiento del terreno se ejecuta cuando se viene a comprobar y confirmar una carta geográfica basándose en los puntos de control de ésta. A partir de los planos obtenidos en una primera visualización aérea o fotos del mismo tipo, podemos tener un bosquejo de la extensión y características de la carretera. Es aconsejable realizar este tipo de estudio previamente al trabajo en situ.

Para tener una idea significativa en cuanto al recorrido de la carretera, se corroborará algunos puntos que la carta topográfica no llegue a detallar con exactitud en tramos donde la visibilidad aérea es deficiente, para esto se usará instrumentos como: GPS, brújula, altímetro, telémetro, etc. Preciado en la DG – 2018, es indispensable contar

con una cámara fotográfica para obtener vistas panorámicas en cuanto a los puntos conflictivos que se encontrara a lo largo del recorrido.

#### Criterio para el diseño de carreteras

Según la DG-2018, en esta parte se demuestran distintos factores, criterios y elementos la cual deberá acoplarse para ejecutar estudios previos que definirán el diseño geométrico del proyecto de una vía nueva, igualmente para los casos de carreteras donde se realizará mejoramientos o ya sean rehabilitadas a lo largo de su trazado.

Como uno de los objetivos fundamentales para el diseño de la carretera es que se cumpla las características correctas, por ello debemos estar enfocados en definir una geometría adecuada, las características tendrán que definirse de acuerdo a la viabilidad económica, cumpliendo con alineamientos y dimensiones del proyecto. Del mismo modo, el proyecto se verá determinado basándose en estudios metodológicos usados en obras viales según los tipos de proyectos, clasificándose e interrelacionándose entre sí.

#### Vehículos de diseño:

El vehículo de Diseño es aquel representativo dentro de cada grupo de vehículos que circularan en la carretera, contemplan dimensiones, peso distintivo y peculiaridades del funcionamiento, este define los parámetros del diseño geométrico de las carreteras. Para elegir el tipo de vehículo de diseño debemos considerar la magnitud del tráfico, por lo que el vehículo de diseño normalmente representa la participación suficiente de vehículos pesados, como por ejemplo camiones y buses.

#### Características:

Los aspectos estructurales a geométricos de la vía están definidos por el vehículo de diseño y sus características, definiendo de la siguiente manera:

- En los anchos del carril incurre la longitud del vehículo elegido, así como también en las bermas, calzada y sobre ancho de la sección transversal, radios mínimos de giro, galibo e intersecciones.

- En los carriles los radios internos y externos mínimos dependen de la longitud de eje a eje.
- Para generar el valor de las pendientes admisibles se tiene en cuenta lo siguiente bruto/potencia que es una relación de peso.

#### Vehículos Ligeros:

Las dimensiones de los vehículos menores o ligeros no intervienen para el diseño del proyecto, a menos que el proyecto sea el diseño de una vía donde no circularan vehículos pesados, este caso no es muy frecuente en el proyecto de carreteras. En caso de ser vehículos originados en Norte América, se anotan longitudes representativas como referencia:

- Ancho: 2,10 m.
- Largo: 5,80 m.

#### Vehículos Pesados:

Para las longitudes máximas de los vehículos para los estudios geométricos se considera de la DG-2018 (ver FIG N° 04). Luego de definirá las distintas alturas con respecto a los vehículos ligeros, que cubra la visibilidad más favorable, para así calcular la distancia de visibilidad y distancia de adelantamiento.

- h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2,50 m.
- h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor
- h5: altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h6: altura del techo del vehículo pesado: 4,10 m



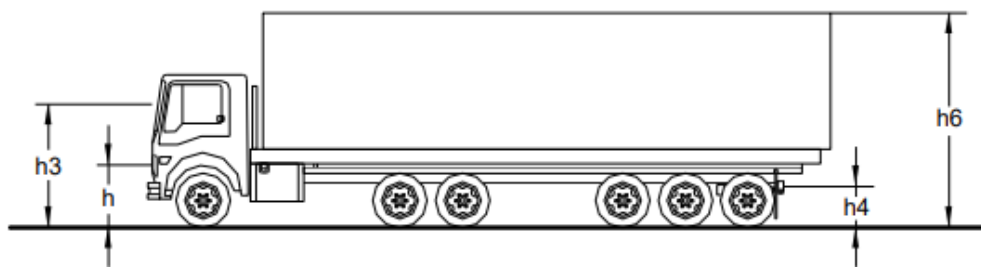


Figura 4 – Representación gráfica de un vehículo  
Vehículo T1R5, señalando las dimensiones máximas.

Fuente: DG-2018

#### Bermas:

Para confinar la capa de rodadura se coloca un borde longitudinal, paralelo y contiguo a esta, que a la vez es utilizada como estacionamiento en caso de emergencias. (Manual de Carreteras: DG-2018, página 210)

#### Canales:

Son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento. La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial; revestidas o sin revestir; abiertas o cerradas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto; en zonas urbanas o dónde exista limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formando parte de la berma. (Manual de Carreteras: DG-2018, página 228)

#### Drenaje:

Cumpliendo con las disposiciones del Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, se diseñarán obras de arte necesarias para el proyecto, como alcantarillas, cunetas, badenes, etc. (Manual de Carreteras: DG-2018, página 326)

#### Hidrología e hidráulica:

Se realizará el estudio de los datos hidrológicos de la zona del proyecto para realizar el diseño hidráulico de las obras de drenaje basándose en el reconocimiento de los cauces y estableciendo los parámetros de diseño. (Manual de Carreteras: DG-2018, página 323)

#### Metrados:

Cantidades de las actividades o partidas del proyecto a ejecutar, tanto en forma específica como global precisando su unidad de medida y los criterios seguidos para su formulación, en concordancia con lo establecido en el “Glosario de Partidas” aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente. (Manual de Carreteras: DG-2018, página 319)

#### Presupuesto:

Establece la determinación del precio total del proyecto, y comprenderá las partidas generales y específicas, alcances, definiciones y unidades de medida establecida en el “Glosario de Partidas” también, estará determinado en base a los metrados y costos unitarios correspondientes y contendrá los gastos generales, utilidades, impuestos. (Manual de Carreteras: DG-2018, página 320)

#### Seguridad vial y señalización:

En concordancia con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras se diseñará los dispositivos de control y elementos de seguridad para la carretera, se dispondrá de planos indicando su ubicación y detalles. (Manual de Carreteras: DG-2018, página 326)

#### Suelos, canteras y fuentes de agua:

Se definirá las propiedades físicas mecánicas de los suelos. (Manual de Carreteras: DG-2018, página 322)

Topografía:

Contendrá la información de los trabajos topográficos realizados, en forma directa e indirecta de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante. Incluirá la información cartográfica georreferenciada correspondiente, a las escalas requeridas, considerando las áreas levantadas, longitud de poligonales, magnitud de los errores de cierre, puntos de control enlazados a la Red Geodésica Nacional GPS en el sistema WGS84, estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas UTM y geográficas. (Manual de Carreteras: DG-2018, página 322)

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Qué características técnicas - geométricas se debe cumplir para realizar el diseño para el mejoramiento de la carretera entre Chilal y Pucará, distrito Pulán, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca?

#### **1.5. Justificación del estudio**

En este proyecto de investigación se plantea solucionar condiciones críticas (taludes inestables, obras de artes dañadas, terreno de material granular inadecuado, etc.) que alteran a toda la ruta del caserío Chilal al caserío Pucará empleando conocimientos de topografía, Mecánica de Suelos, Hidrología e Hidráulica, Diseño Geométrico, Costos y Presupuestos.

Se utilizará la estación total para determinar el levantamiento topográfico de la zona, y al mismo tiempo se realizarán las calicatas a cada km sacando una muestra de suelo para posteriormente efectuar los ensayos correspondientes para conocer la capacidad portante, clasificación del suelo y sus características físico mecánicas; así tenderemos una idea de cómo mejorar la carretera en proyecto.

Para garantizar el mejor desempeño de la vía y permita a los pobladores de los caseríos de Chilal y Pucará desarrollar sus actividades de exportación de papa, zapallo, oca, ganado, leche de vaca, yogurt natural, etc., se acudirá al uso de programas, herramientas de campo y laboratorio de suelos.

El éxito del proyecto y el proceso constructivo de toda obra constituye tener conocimiento amplio del área de estudio a desarrollar. El diseño de carreteras dirigirá todas las partes del desarrollo del proyecto, resultando en seguridad al conductor y

aumento de la vida útil de la carretera y disminuyendo gastos de mantenimiento a los vehículos. El mejoramiento de la carretera que une los caseríos Chilal y Pucará, impactará positivamente en el ámbito social, económico y en educación los cuales justifican la realización de este proyecto.

## **1.6. Hipótesis**

La hipótesis es implícita y los resultados de los estudios técnicos del proyecto lo evidencia.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Realizar el diseño para el mejoramiento de la carretera entre los caseríos Chilal y Pucará, distrito Pulán, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca.

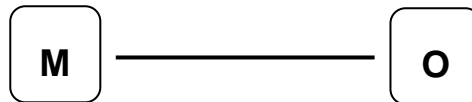
### **1.7.2. Objetivos específicos**

- ✓ Realizar el levantamiento Topográfico de la vía.
- ✓ Realizar el Estudio de Mecánica de Suelos.
- ✓ Realizar los Estudios Hidrológicos de la zona y obras de arte.
- ✓ Efectuar el Diseño Geométrico.
- ✓ Realizar el estudio de Impacto Ambiental.
- ✓ Elaborar los costos y Presupuesto del proyecto.

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

La investigación presenta un diseño descriptivo simple que se realizara de manera transversal. El esquema a utilizar es el siguiente:



**Donde:**

**M:** Es la representación del lugar donde se realizan los estudios.

**O:** Es la información obtenida de la zona de estudio.

### 2.2. Variables, operacionalización

#### 2.2.1. Variable

“Diseño del mejoramiento de la carretera entre los caseríos de Chilal y Pucará, distrito Pulán, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca, 2018”

#### 2.2.2. Dimensiones

- ❖ Topografía del terreno
- ❖ Estudio de mecánica de suelos:
- ❖ Estudio hidrológico y obras de arte:
- ❖ Diseño geométrico de la carretera:
- ❖ Estudio de impacto ambiental:
- ❖ Costos y presupuestos:

### 2.2.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1 – Operacionalización de Variables

Variable	Dimensiones	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Intervalo o Razón
“Diseño del mejoramiento de la carretera entre Chilal - Pucará, distrito Pulán, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca”	Levantamiento o topográfico	Es el proceso científico de medición de las dimensiones de un área particular de la superficie de la tierra, incluyendo sus distancias horizontales, direcciones, ángulos y elevaciones. (Torres, 2006)	Se realizan levantamientos con equipos topográficos y poder ubicar los puntos sobre la superficie de la tierra. Las operaciones necesarias se dividen en dos trabajos: - En campo - En gabinete	Levantamiento	Intervalo
				Equidistancia	Intervalo
				Ángulos de inclinación del terreno	Intervalo
				Perfiles longitudinales	Intervalo
				Vista de planta y secciones	Intervalo
	Estudio mecánico de suelos	Consiste en la realización de prospecciones correspondientes a calicatas y sondajes de exploración, que en términos coloquiales (Bernal, 2012)	Se realiza calicatas, consiste en realizar una excavación de 1m de ancho por 1m de largo de profundidad variable dependiendo del tipo de estructura a Proyectar para poder realizar diferentes tipos de estudios físicos y químicos.	Contenido de humedad	Razón
				Granulometría	Razón
				Límites de consistencia	Razón
				C.B.R.	Razón
				Densidad máxima	Razón
	Estudios hidrológicos	Inicia con la delimitación de la cuenca, la medición del área y la longitud, altura máxima y mínima. (Mijares, 1989)	Se debe hacer el recorrido y el reconocimiento físico de una cuenca, donde se observarán en situ la forma de la cuenca, calcular su dotación de agua, caudal, etc.	Precipitaciones	Intervalo
				Caudal de escorrentía	Intervalo
				Secciones de obra de artes	Intervalo
				Cuencas	Intervalo

				Caudal	Intervalo
				Pendiente	Razón
	Diseño geométrico de la carretera	Consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno. Los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología. (Espinoza, 2014)	En esta parte se debe confirmar el trazo de la carretera de estudio de viabilidad, luego se diseña la construcción de la carretera respetando los parámetros establecidos en la DG-2018	Trazo longitudinal	Razón
				Elementos de diseño	Razón
				Derecho de vía	Razón
				Parámetros básicos de diseño	Razón
				Señalización	Razón
				Metrados	Razón
	Análisis de impacto ambiental	garantiza que dicho proyecto pueda ser desarrollado de manera sostenible, que permitan manejar cualquier indicio de deterioro del entorno físico, biológico o social, o la afectación de la salud de las personas; aspectos que pueden causar conflictos. (SENEACE, 2012)	No hay nada que medir en el campo en cuanto al impacto del proyecto. Cuando se elabora el EIA se está en la fase de predicción de impactos, la cual se espera sea una predicción científica, antes que alguna conjetura por muy informada que sea.	Impacto positivo	Cualitativo
				Impacto negativo	Cualitativo
	Elaboración de análisis de costos y presupuestos	Es el análisis profundo para una eficiente estimación, formulación del presupuesto y control de costos a lo largo del ciclo de vida de un negocio o proyecto (Zuñiga, 2012)	Consiste en identificar, definir, medir, reportar y analizar los diversos elementos de los costos directos e indirectos asociados con el proyecto	Análisis de costes unitarios	Razón
				Insumos	Razón
				Presupuesto	Razón

Fuente: Elaboración Propia.

### **2.3. Población y muestra**

El área de influencia está comprendida por los caseríos Chilal y Pucará, del distrito Pulán, provincia Santa Cruz, departamento Cajamarca y será tomada como población por tratarse de una investigación descriptiva. No se trabajará con muestra.

### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **2.4.1. Técnicas**

- La observación a través del levantamiento topográfico y muestras de suelo.

#### **2.4.2. Instrumentos**

- Equipos Topográficos.
- Bolsas Herméticas para la recolección de muestras de suelo.
- Equipo de Oficina.

### **2.5. Métodos de análisis de datos**

Para realizar la investigación son necesarios programas como:

- ✓ Para el dibujo del diseño geométrico de la trocha carrozable se usará AutoCAD Civil 3D.
- ✓ Para la elaboración de documentos se usará Microsoft Word
- ✓ Para la realización de cálculos en el diseño se usará Microsoft Excel
- ✓ Para el diseño de alcantarillas y badenes se usará Hcanales
- ✓ Para el cálculo de las características de las cuencas se usará Hidroesta
- ✓ Se contará con el apoyo de un asesor especializado en la línea de investigación.

### **2.6. Aspectos éticos**

La investigación se realizará en lo posible sin perjudicar el medio ambiente y sin perturbar los valores morales y buenas costumbres de la población, así como también de los autores.



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Estudio Topográfico

##### 3.1.1. Generalidades

Es importante realizar un estudio topográfico para ubicar geográficamente una carretera en coordenadas UTM, también la altura sobre el nivel del mar y representar gráficamente las características superficiales del terreno. Este estudio nos permite definir el eje de la carretera, sus pendientes y secciones transversales.

Se realizó el trabajo topográfico tomando en consideración la trocha existente. Utilicé un equipo de estación total, con lo cual obtuve un trazo y niveles de referencia para el trazo definitivo de la ruta. El área de estudio presenta una topografía accidentada entre los caseríos Chilal y Pucará.

##### 3.1.2. Ubicación

Tabla 2 – Coordenadas UTM de carretera

TRAMO	PUNTO	ESTE	NORTE	ALTITUD
CHILAL – PUCARÁ	INICIO	725061.539	9254645.946	2592.976
	FINAL	725838.834	9252573.790	2689.036

Fuente: Elaboración Propia

##### 3.1.3. Reconocimiento de la zona

Se recorrió las trochas a pie para identificar los puntos críticos y puedan ser solucionados en trabajo de gabinete. Nuestro punto inicial fue el caserío de Chilal y punto final Pucará.

Presenta un terreno accidentado, lo cual permite realizar curvas con radios mínimos de 25m. Necesita alcantarillas, y cunetas para la evacuación de aguas pluviales. Conociendo el terreno se determinó la ubicación de los puntos de estaciones y BM's y así se realizar el levantamiento topográfico.

##### 3.1.4. Metodología de trabajo

Se realizó el levantamiento topográfico desde la parte más alta (Pucará) aplicando el método de poligonal abierta. Se colocó la primera estación E-01, se señaló y codifico respectivamente. Se colocó el primer BM para la orientación. Después se empezó a

tomar los puntos de la trocha existente y los costados de la vía, alineados de forma perpendicular; luego desde la estación se tomó los puntos que fue posible visar. Se cambió de estación para seguir radiando y se siguió realizando lo mismo en cada estación hasta terminar en el punto final (Chilal).

#### 3.1.4.1. Personal

- ✓ 01 topógrafo
- ✓ 01 asistente
- ✓ 04 ayudantes

#### 3.1.4.2. Equipos

- ✓ GPS Navegador Garmin
- ✓ Estación Total TOPCON con trípode
- ✓ Cuatro prismas
- ✓ Una cámara fotográfica
- ✓ Cuatro Radios de Comunicación

#### 3.1.4.3. Materiales

- ✓ Wincha
- ✓ Spray
- ✓ Corrector
- ✓ Cuaderno de campo

### 3.1.5. **Procedimiento**

#### 3.1.5.1. Levantamiento topográfico

De acuerdo a las necesidades del proyecto, el levantamiento topográfico se realizó con una estación total y sus respectivos prismas, para obtener una mayor representación gráfica del terreno en estudio. Se utilizó un GPS para la orientación y también como equipo de apoyo.

El levantamiento topográfico se ejecutó en un periodo de siete días (7), el cual se pudo culminar satisfactoriamente, obteniendo la información necesaria para realizar el trabajo adecuado en gabinete.

#### 3.1.5.2. Puntos de georreferenciación

Se tomó dos puntos de georreferencia los cuales se indican en la tabla siguiente.

Tabla 3 – Puntos de Georreferenciación

<b>PUNTO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ELEVACION</b>
<b>E-1</b>	182387.160	9134192.177	2697.966
<b>BM-1</b>	182411.370	9134214.568	2700.860

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.5.3. Puntos de estación

Los puntos de estación se ubicaron estratégicamente para poder obtener más puntos como fuera posible. Se tuvo 124 puntos de estación.

#### 3.1.5.4. Toma de detalles y rellenos topográficos

Se tomó nota de lo siguiente: Terreno con vegetación, bosques, lugares de agricultura y cultivo como también casas cerca de la calzada.

#### 3.1.5.5. Códigos utilizados en el levantamiento topográfico

✓ Acceso	:	ACC
✓ Terreno Natural	:	TN
✓ Casa	:	CASA
✓ Pared	:	PARED
✓ BM's	:	BM - #
✓ Estaciones	:	E - #

#### 3.1.6. **Trabajo de gabinete**

Después de la recolección de todos los datos de campo, se realizó el trabajo de gabinete. En esta fase podemos ejecutar la siguiente información:

- Procesamiento de la información obtenida en campo.
- Calculo de las coordenadas iniciales y finales.
- Dibujo del plano de curvas de nivel de área de estudio.

#### 3.1.6.1. Procesamiento de la información de campo y dibujo de planos

Se ordenó los datos de coordenadas UTM, (Punto, Este, Norte, Cota y Descripción) y se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D 2018, y se ha procedido al procedimiento respectivo:

- ✓ Exportación de Puntos al programa Civil 3d 2018.
- ✓ Se creó los diferentes grupos de puntos según código.
- ✓ Se creó la superficie con el grupo de todos los puntos, con curvas de nivel a cada 1m las menores y 5m las mayores
- ✓ Se colocó las etiquetas respectivas a las estaciones, BMs, puentes, alcantarillas, acceso, etc.
- ✓ Se dibujó las trochas existentes y las casas a lo largo de estas.
- ✓ Se determinó la pendiente transversal para determinar la topografía.

## 3.2. Estudio de Mecánica de Suelos y Cantera

### 3.2.1. Estudio de suelos

#### 3.2.1.1. Alcance

De las muestras obtenidas de las calicatas realizadas para el proyecto se detallará el tipo de suelo en SUCS y AASHTO además de su CBR para luego diseñar el pavimento adecuado para el tráfico proyectado, y también se precisará su clasificación del suelo de la cantera para determinar su uso como material de base y subbase.

#### 3.2.1.2. Objetivos

Determinar las características mecánicas del suelo de cada muestra extraída de las calicatas de la carretera.

#### 3.2.1.3. Descripción del proyecto

El estudio de Mecánica de Suelos y de cantera se realizó para definir el tipo del suelo a lo largo de la proyección de la carretera, clasificándola según su tipo y resistencia. Los trabajos realizados fueron la excavación, traslado y análisis de muestras en laboratorio.

### Determinación del Número de Calicatas y Ubicación

Con el objeto de determinar las características físico mecánicas del suelo en estudio, se llevarán a cabo investigación mediante la ejecución de calicatas con 1.50 m de profundidad. La ubicación de la Calicata se ha determinado de tal manera que sea representativa dentro de la superficie de estudio y en función a la aplicación de fuerza y esfuerzos activos exteriores. El número de calicatas por Km se encuentra indicado en el siguiente cuadro extraído de la Sección Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras del MTC.

Tabla 4 - Número de calicatas para la exploración

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	N.º mín. de calicatas
Carreteras de Bajo Volumen de Transito: Carreteras con un IMDA $\leq$ 200veh/día, de una calzada	1.50m respecto al nivel de Subrasante del proyecto	1 calicata x km

Fuente: Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Tabla 5 - Número de CBR para exploración de suelos

Tipo de Carretera	N.º Mr y CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Transito: Carreteras con un IMDA $\leq 200$ veh/día, de una calzada	Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

### Tipos de Ensayos a Ejecutar

Con el objetivo de determinar las características físicas y mecánicas de las muestras extraídas, se ha realizado los siguientes ensayos en laboratorio:

- Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E 107 ASTM D – 422
- Contenido de Humedad MTC E 108 ASTM D – 2216
- Límites de Atteberg
  - Límite Líquido MTC E 110 ASTM D - 4318
  - Límite Plástico MTC E 111 ASTM D – 4318
- Índice de Plasticidad MTC E 111
- Clasificación del Suelo. Método SUCS ASTM D – 2787
- Clasificación del Suelo. Método AASHTO M – 145

### Ensayos especiales

- Proctor Modificado MTC E 115 ASTM D – 1557
- California Bearing Ratio (CBR) MTC E 132 ASTM D – 1883

#### 3.2.1.4. Descripción de los trabajos

Tabla 6 - Ubicación de calicatas

Calicata	Ubicación	Profundidad (m)	CBR
<b>C-6</b>	Km 1+000	1.50	
<b>C-7</b>	Km 2+000	1.50	
<b>C-8</b>	Km 3+000	1.50	Si
<b>C-9</b>	Km 4+000	1.50	
<b>C-10</b>	Km 5+000	1.50	
<b>C-11</b>	Km 6+000	1.50	Si
<b>C-12</b>	Km 7+000	1.50	
<b>C-13</b>	Km 8+000	1.50	
<b>C-14</b>	Km 9+000	1.50	Si
<b>C-15</b>	Km 10+000	1.50	

Fuente: Elaboración Propia

## **Descripción de las Calicatas**

### **CALICATA N° 6**

Ubicada en la progresiva Km 1+000 a 3 metros del borde izquierdo; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como SC - Arena Arcillosa, con índice de Plasticidad de 16, límite líquido = 37 y con un límite plástico = 21. Tiene un 34.80% de finos. Además, en el sistema “AASHTO” resulta un suelo “A-2-6 (1)” - Grava y arena limo o arcillosa/regular a malo, con un contenido de humedad de 28.90%.

### **CALICATA N° 7**

Ubicada en la progresiva Km 2+000 a 3 metros del borde derecho; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como SC - Arena Arcillosa, con índice de Plasticidad de 13, límite líquido = 24 y con un límite plástico = 11. Tiene un 33.87% de finos. Además, en el sistema “AASHTO” resulta un suelo “A-2-6 (0)” - Grava y arena limo o arcillosa/regular a malo, con un contenido de humedad de 6.98%.

### **CALICATA N° 8**

Ubicada en la progresiva Km 3+000 a 3 metros del borde izquierdo; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como SM – SC, Arena Limo - Arcillosa, con índice de Plasticidad de 5, límite líquido = 17 y con un límite plástico = 12. Tiene un 32.64% de finos. Además, en el sistema “AASHTO” resulta un suelo “A-2-4 (0)”, Grava y arena limo o arcillosa/Excelente a bueno, con un contenido de humedad de 29.80%.

### **CALICATA N° 9**

Ubicada en la progresiva Km 4+000 a 3 metros del borde derecho; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como CL – Arcilla ligera arenosa, con índice de Plasticidad de 14, límite líquido = 36 y con un límite plástico = 22. Tiene un 50.88% de finos. Además, en el sistema “AASHTO” resulta un suelo “A-6 (4)” – suelos arcillosos/regular a malo, con un contenido de humedad de 7.67%.

#### **CALICATA N° 10**

Ubicada en la progresiva Km 5+000 a 3 metros del borde izquierdo; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como SC - Arena Arcillosa, con índice de Plasticidad de 17, límite líquido = 39 y con un límite plástico = 22. Tiene un 32.30% de finos. Además, en el sistema “AASHTO” resulta un suelo “A-2-6 (1)” - Grava y arena limo o arcillosa/regular a malo, con un contenido de humedad de 19.89%.

#### **CALICATA N° 11**

Ubicada en la progresiva Km 6+000 a 3 metros del borde derecho; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como SM - Arena Limosa, con índice de Plasticidad de 3, límite líquido = 21 y con un límite plástico = 18. Tiene un 34.34% de finos. Además, en el sistema “AASHTO” resulta un suelo “A-2-4 (0)” - Grava y arena limo o arcillosa/regular a malo, con un contenido de humedad de 6.92%.

#### **CALICATA N° 12**

Ubicada en la progresiva Km 7+000 a 3 metros del borde izquierdo; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como CL - Arena Ligera arenosa, con índice de Plasticidad de 12, límite líquido = 33 y con un límite plástico = 21. Tiene un 50.58% de finos. Además, en el sistema “AASHTO” resulta un suelo “A-6 (3)” – Suelos arcillosos/regular a malo, con un contenido de humedad de 6.62%.



### **CALICATA N° 13**

Ubicada en la progresiva Km 8+000 a 3 metros del borde derecho; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como SM-SC - Arena limo arcillosa, con índice de Plasticidad de 6, límite líquido = 20 y con un límite plástico = 14. Tiene un 34.78% de finos. Además, en el sistema “AASHTO” resulta un suelo “A-2-4 (0)” – Grava y arena arcillosa/excelente a bueno, con un contenido de humedad de 7.99%.

### **CALICATA N° 14**

Ubicada en la progresiva Km 9+000 a 3 metros del borde izquierdo; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como SM - Arena limosa con grava, con índice de Plasticidad de 2, límite líquido = 21 y con un límite plástico = 19. Tiene un 31.55% de finos. Además, en el sistema AASHTO resulta un suelo A-2-4 (0) Grava y arena arcillosa/excelente a bueno, con un contenido de humedad de 5.92%.

### **CALICATA N° 15**

Ubicada en la progresiva Km 10+000 a 3 metros del borde derecho; presenta un solo estrato que se describe a continuación.

Estrato 1: 0 m -1.5 m.

Se encuentra un suelo clasificado en SUCS como SM-SC - Arena limo arcillosa, con índice de Plasticidad de 7, límite líquido = 24 y con un límite plástico = 17. Tiene un 34.57% de finos. Además, en el sistema “AASHTO” resulta un suelo “A-2-4 (0)” – Grava y arena arcillosa/excelente a bueno, con un contenido de humedad de 6.18%.

En las calicatas realizadas no se encontró agua hasta la profundidad excavada.

Tabla 7 - Resumen de las Propiedades del Suelo

N°	Nombre del Ensayo	Und	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	C-12	C-13	C-14	C-15
1	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	28.90	6.98	29.80	7.67	19.89	6.92	6.62	7.99	5.92	6.18
2	LIMITE LIQUIDO	%	37	24	17	36	39	21	33	20	21	24
3	LIMITE PLÁSTICO	%	21	11	12	22	22	18	21	14	19	17
4	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	16	13	5	14	17	3	12	6	2	7
5	CLASIFICACIÓN SUCS		SC	SC	SM-SC	CL	SC	SM	CL	SM-SC	SM	SM-SC
6	CLASIFICACIÓN AASHTO		A-2-6 (1)	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	A-6 (4)	A-2-6 (1)	A-2-6 (0)	A-2-4 (0)	A-6 (3)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)

Fuente: Datos de Análisis de Estudio de Suelos

N°	CBR	Und	C-8	C-11	C-14
1	Densidad Máxima Seca al 100%	gr/cm <sup>3</sup>	1.781	1.792	1.948
2	Densidad Máxima Seca al 95%	gr/cm <sup>3</sup>	1.692	1.702	1.851
3	Contenido Optimo de Humedad	%	9.08	8.55	8.05
4	CBR al 100 %	%	17.55	20.12	31.46
5	CBR al 95 %	%	14.81	17.03	26.58

Fuente: Datos de Análisis de Estudio de Suelos

### Resultados

El suelo es, en gran parte, una **arena arcillosa**, con índices de plasticidad media de **9.5%** mostrando un suelo de plasticidad entre baja y media. La humedad promedio es de **12.03%** mayor que la humedad recomendable para compactación. Según al índice de grupo **(0)** se posee un suelo muy bueno.

El CBR de diseño al 95% a tomar es de **14.81%**, determinando que se cuenta con un suelo resistente con buena calidad y capacidad. Para lograr esta resistencia se compactará el suelo aportando la cantidad conveniente de agua, y en partes donde la humedad es superior a la óptima se aireará el suelo.

### **3.2.2. Estudio de cantera**

#### **3.2.2.1. Identificación de cantera**

Se identificó solo una cantera a lo largo del tramo, de la cual se tomó una muestra. La disponibilidad de la cantera es independiente y cumple con la cantidad y calidad; el material es suelto y no requiere el uso de dinamita para su extracción, sino zarandeo y trituración. La ubicación esta próxima al área de trabajo.

#### **Ubicación y Características**

La cantera se ubica en la progresiva del Km 2+500 al lado derecho. Cuenta con material de Grava 1” y ¾”, arena gruesa, con un volumen de 20 000 m<sup>3</sup>, este material es utilizado en Base Granular, sello asfáltico y Sub Base.

#### **3.2.2.2. Evaluación de las características de la cantera**

##### **Ensayos de Laboratorio**

Se efectuará acorde a las especificaciones técnicas generales para la construcción de vías del MTC (vigente) los correspondientes ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas del material de la cantera.

- Análisis Granulométrico por Tamizado	MTC E 107 ASTM D – 422
- Contenido de Humedad	MTC E 108 ASTM D – 2216
- Límites de Atteberg	
Limite Líquido	MTC E 110 ASTM D - 4318
Limite Plástico	MTC E 111 ASTM D – 4318
- Índice de Plasticidad	MTC E 111
- Clasificación del Suelo. Método SUCS	ASTM D – 2787
- Clasificación del Suelo. Método AASHTO	M – 145

##### **Ensayos especiales**

- Proctor Modificado	MTC E 115 ASTM D – 1557
- California Bearing Ratio (CBR)	MTC E 132 ASTM D – 1883

Tabla 8 – Resultados de las Propiedades de Cantera

Nombre del Ensayo	Und	C-X
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.63
LIMITE LIQUIDO	%	NP
LIMITE PLÁSTICO	%	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	NP
SUCS		GW
AASHTO		A-1-a (0)
CBR	Und	C-X
Densidad Máxima Seca al 100%	gr/cm3	1.920
Densidad Máxima Seca al 95%	gr/cm3	1.824
Contenido Optimo de Humedad	%	5.25
CBR al 100 %	%	99.67
CBR al 95 %	%	83.14

Fuente: Análisis de Estudio de Suelos

El suelo resulto en una **grava bien graduada** (fragmentos de roca, grava y arena). La humedad es de **0.63%** menor a la humedad recomendable para compactación. No muestra índice de Plasticidad. Según al índice de grupo **(0)** se tiene un material muy bueno.

El CBR al 100% es de **99.67%**, determinando un suelo muy resistente de buena calidad y capacidad. Este material es bueno para ser usado como base y sub base del pavimento de la carretera, según el Manual de Pavimentos y suelos del MTC que indica que para una base se necesita contar con un CBR de 80% y para subbase un CBR de 40%. Para lograr esta resistencia se compactará el suelo aportando la cantidad conveniente de agua.

### 3.3. Estudio hidrológico y obras de arte

#### 3.3.1. Hidrología

##### 3.3.1.1. Generalidades

En una carretera las obras de drenaje tienen por propósito conservar la solidez de la superficie y plataforma de la pista, como también la de reponer las características de la dirección de aguas, que serían modificadas por la obra. A partir del estudio de la información hidrológica y meteorológica del terreno en análisis, la hidrología nos permite apreciar los caudales para el diseño de las obras de arte como longitudinal y transversal.

#### **Drenaje Superficial**

El drenaje superficial tiene como propósito desviar las aguas de la calzada mediante las cunetas y alcantarillas para impedir el deterioro de estas. Por lo tanto, el diseño hidráulico determinara la sección adecuada para cada obra de arte, y así evacuar el agua libremente. Se debe proponer soluciones técnicas apropiadamente justificadas en el drenaje superficial, su construcción no debe ser costosa igual que su manutención.

El flujo del agua, determinado con el periodo de retorno y el riesgo de obstrucción, no debe sedimentar ni erosionar las obras de arte, incluso en épocas de máximas avenidas, se conservará un margen libre no menor al 25% de su altura. Llevar y expulsar adecuadamente el agua de las lluvias determinara el diseño de las obras de drenaje, impidiendo que el cauce sobrepase su capacidad y pueda afectar las propiedades de los pobladores.

#### **Riesgo de Obstrucción**

Para un adecuado diseño de las obras de drenaje superficial se considerará un factor de seguridad ya que su funcionamiento puede encontrarse alterado por residuos acumulados generando congestión. También es aconsejable dar mantenimiento y conservación a estas.

Podemos clasificar al riesgo de obstrucción en las siguientes categorías:

- **Alto:** movimiento de cuerpos grandes (árboles).
- **Medio:** movimiento de cuerpos medianos (arbustos, ramas)
- **Bajo:** movimiento de cuerpos muy pequeños. (tierra)

El riesgo considerado para el diseño de las obras de arte fue **MEDIO**.

### 3.3.1.2. Objetivos del estudio

Identificar la estación pluviométrica más cercana. Recopilar la información cartográfica y los datos hidrometeorológicos. Analizar la información recopilada. Determinar el periodo de retorno para las diferentes obras de arte. Delimitar las cuencas. Cálculo de las descargas máximas.

### 3.3.1.3. Estudios hidrológicos

#### **Periodo de Retorno**

El periodo de retorno para el diseño de una obra de arte se calcula correctamente suponiendo una vida útil y el riesgo de fallo con respecto a factores económicos y técnicos, también se podría considerar factores sociales. La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - R)^{1/n}}$$

Donde:

- T: Periodo de Retorno
- n: Vida Útil en años
- R: Riesgo Admisible

Tabla 9 - Valores Máximos de Riesgo Admisible

TIPO DE OBRA	RIESGO (%)
Badenes	<b>30</b>
Alcantarillas	<b>35</b>
Cunetas	<b>40</b>

Fuente: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC.

Tabla 10 - Periodo de Retorno para obras de arte

TIPO DE OBRA	VIDA UTIL (años)	RIESGO (%)	PERIODO DE RETORNO (años)
Badenes	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>77</b>
Alcantarillas	<b>15</b>	<b>35</b>	<b>40</b>
Cunetas	<b>15</b>	<b>40</b>	<b>34</b>

Fuente: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC.

### 3.3.2. Información hidrometeorológica y cartográfica

#### 3.3.2.1. Información pluviométrica

El Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI) dispone de información hidrológica y meteorológica la cual se ha utilizado para la realización de esta investigación. La estación hidrometeorológica de la cual se obtuvo los datos fue la más próxima al lugar del proyecto que está situada en el distrito de Pulán, (estación pluviométrica de UDIMA). Se contó con 32 años de registro.

#### 3.3.2.2. Precipitaciones máximas en 24 horas

Las precipitaciones completas del registro se encuentran en el anexo 1.

Tabla 11 - Precipitaciones Máximas Anuales

N°	Año	Precipitacion Maxima en 24 h.	
		Mes	P. max. 24h
1	1986	MAR	36.0
2	1987	FEB	40.0
3	1988	AGO	45.0
4	1989	OCT	46.0
5	1990	ABR	32.0
6	1991	ABR	43.0
7	1992	MAR	28.0
8	1993	MAR	43.5
9	1994	ABR	43.5
10	1995	ENE	42.0
11	1996	OCT	46.0
12	1997	FEB	30.0
13	1998	MAR	112.5
14	1999	ABR	48.0
15	2000	MAR	540.0
16	2001	MAR	74.0
17	2002	FEB	100.5
18	2003	DIC	36.3
19	2004	OCT	52.5
20	2005	MAR	37.2
21	2006	MAR	49.0
22	2007	MAR	43.9
23	2008	ABR	75.9
24	2009	ENE	51.3
25	2010	FEB	57.0
26	2011	FEB	32.0
27	2012	MAR	42.8
28	2013	MAR	33.4
29	2014	MAY	21.8
30	2015	MAY	34.7
31	2016	MAR	39.8
32	2017	SEP	42.8

Fuente: SENHAMI

### 3.3.2.3. Análisis estadísticos de datos hidrológicos

#### **Determinación de periodicidad de la precipitación máxima en 24 horas**

Se utilizó las siguientes funciones de distribución:

- i. Distribución Normal
- ii. Distribución Log Normal 2 parámetros
- iii. Distribución Log Normal 3 parámetros
- iv. Distribución Gamma 2 parámetros
- v. Distribución Gamma 3 parámetros
- vi. Distribución Log Pearson tipo III
- vii. Distribución Gumbel
- viii. Distribución Log Gumbel

El objetivo es apreciar las precipitaciones máximas para períodos de retorno diferentes, el programa HIDROESTA nos permitió efectuar los cálculos de la información, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 12 - Distribución de Probabilidades

T(AÑOS)	NORMAL	LOG. NOR. 2P	LOG. NOR. 3P	GANMA 2P	GUMBEL	LOG. GUMBEL
<b>500</b>	319.37	238.18	380.91	262.88	456.66	555.09
<b>200</b>	292.40	201.21	290.16	231.27	390.81	372.33
<b>100</b>	270.14	175.06	232.76	206.82	342.41	275.09
<b>50</b>	245.01	150.35	183.93	181.86	293.83	203.02
<b>25</b>	218.77	126.96	142.73	156.34	244.89	149.49
<b>20</b>	209.32	119.67	130.94	147.98	229.00	135.35
<b>10</b>	176.89	97.70	98.48	121.44	178.92	98.95
<b>5</b>	137.60	76.42	71.10	93.52	126.71	71.39
<b>2</b>	62.51	47.79	43.50	52.52	47.85	43.60
<b>delta tab</b>	0.2404	0.2404	0.2404	0.2404	0.2404	0.2404
<b>delta teo</b>	0.1558	0.1131	0.1490	0.1259	0.1002	0.1001

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó la distribución Log Gumbel por menor delta teórico.



#### 3.3.2.4. Curvas de intensidad – Duración – Frecuencia

##### **Intensidad de Precipitación Máxima.**

La precipitación máxima asociada a un periodo de retorno y una duración de tormenta se puede obtener mediante la fórmula de Frederick Bell utilizando como valor índice la lluvia de una hora de duración y diez años de periodo de retorno. La fórmula es la siguiente:

$$P_t^T = \frac{(21 \ln T + 52)(54t^{1/4} - 50)P_{60}^{10}}{100}$$

Donde:

- $P_t^T$ : Precipitación en “t” con periodo de retorno “T”
- $T$ : Periodo de Retorno (años)
- $t$ : Duración (minutos)
- $P_{60}^{10}$ : Precipitación en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años

Esta fórmula solo se utiliza con precipitación de duración de 5 a 120 minutos (t) y periodos de retorno de 2 a 100 años (T).

La fórmula de Yance Tueros permite el cálculo del valor de  $P_{60}^{10}$ , con la precipitación máxima de 24 horas con un periodo de retorno de 10 años.

$$I = aP_{24}^b$$

En el cual:

- $a = 0.460$
- $b = 0.876$
- $P_{24} = 98.95\text{mm}$

$$I = 25.76\text{mm} = P_{60}^{10}$$

Para otras Duraciones y Periodos de Retorno, se obtuvo:

Tabla 13 - Lluvias Máximas

T años	Pp. Máx 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
500	555.09	14.46	21.64	26.45	30.18	35.91	47.15
200	372.33	12.93	19.36	23.67	27.00	32.12	42.18
100	275.09	11.78	17.63	21.56	24.59	29.26	38.42
50	203.02	10.63	15.91	19.45	22.18	26.39	34.66
25	149.49	9.47	14.18	17.34	19.78	23.53	30.90
10	98.95	7.95	11.90	14.55	16.59	19.74	25.93
5	71.39	6.80	10.17	12.44	14.19	16.88	22.17
2	43.60	5.27	7.89	9.65	11.01	13.09	17.19

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14 - Intensidades Máximas (mm/hr)

T años	Pp. Máx 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
500	555.09	173.47	129.83	105.82	90.54	71.81	47.15
200	372.33	155.18	116.14	94.66	80.99	64.24	42.18
100	275.09	141.34	105.79	86.22	73.77	58.52	38.42
50	203.02	127.51	95.43	77.78	66.55	52.79	34.66
25	149.49	113.67	85.08	69.34	59.33	47.06	30.90
10	98.95	95.38	71.39	58.19	49.78	39.49	25.93
5	71.39	81.55	61.03	49.75	42.56	33.76	22.17
2	43.60	63.26	47.35	38.59	33.02	26.19	17.19

Fuente: Elaboración Propia

Se computó las curvas de intensidad-duración-frecuencia, con la siguiente fórmula:

$$I = K T^m t^{-n}$$

Donde:

- I = Intensidad máxima (mm/h)
- K= factor característico del lugar
- m = 0.179
- n = 0.527
- T = período de retorno (años)
- t = duración de la precipitación (min)

Aplicando los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Log}(I) = \text{Log}(K) + m \text{Log}(T) - n \text{Log}(t)$$

O bien:  $Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$

Donde:

$$Y = \text{Log } (I), \quad a_0 = \text{Log } K$$

$$X_1 = \text{Log } (T) \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \text{Log } (t) \quad a_2 = -n$$

Los factores de K, m, n, se consiguen de las intensidades máximas calculadas precedentemente, mediante regresión múltiple.

Tabla 15 – Resultados del análisis de regresión

Constante	2.17719179	Log K =	2.17719179	K=	150.38
Err. Estándar de est. Y	0.02599562			m=	0.179
R Cuadrado	0.98673858			n=	0.527
Núm. De observaciones	54				
Grado de libertad	51				
Coefficiente(s) X	0.17854709 -0.52682157	Dónde:	T = años	$I = \frac{150.38xT^{0.179}}{t^{0.527}}$	
Error estándar de coef.	0.00487107 0.01032786		t = minutos		

Fuente: Elaboración Propia

La fórmula de Intensidad Máxima de Diseño (mm/hr) a manejar para el cálculo es la siguiente:

$$I = \frac{150.38xT^{0.179}}{t^{0.527}}$$

Tabla 16 - Intensidades Máximas de Diseño

T (años)	Pmax. 24 h	DURACIÓN (t, minutos)					
		5	10	15	20	30	60
500	555.09	195.37	135.60	109.52	94.12	76.02	52.76
200	372.33	165.88	115.14	92.99	79.91	64.54	44.80
100	275.09	146.57	101.73	82.17	70.61	57.03	39.58
50	203.02	129.51	89.89	72.60	62.39	50.39	34.98
25	149.49	114.43	79.43	64.15	55.13	44.53	30.90
10	98.95	97.16	67.44	54.47	46.81	37.81	26.24
5	71.39	85.85	59.59	48.13	41.36	33.40	23.19
2	43.60	72.90	50.60	40.86	35.12	28.36	19.69

Fuente: Elaboración Propia.

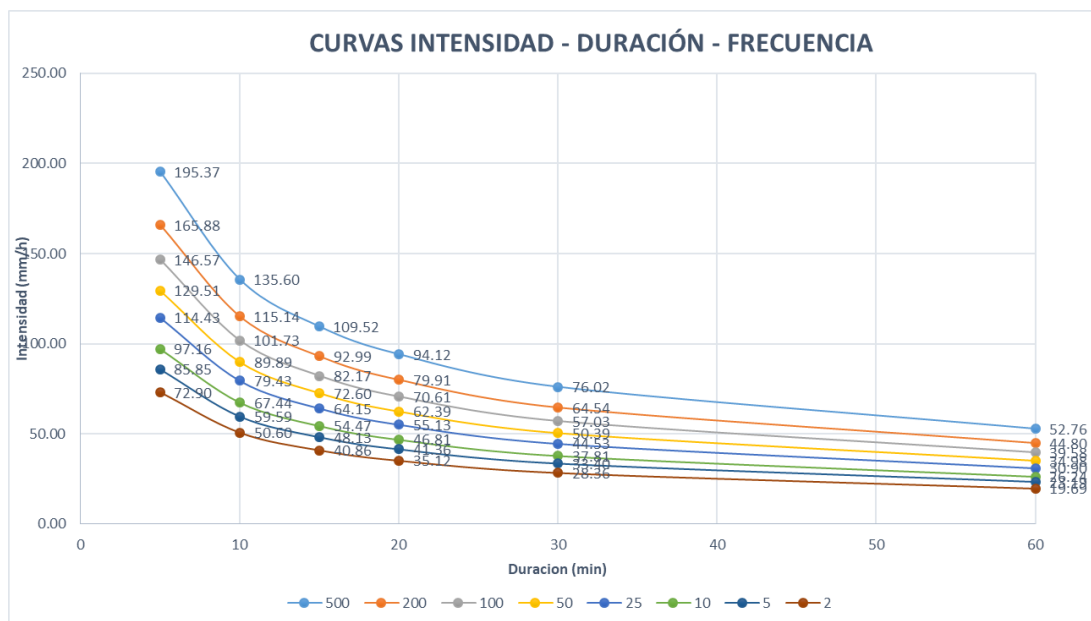


Figura 5 – Curvas Intensidad – Duración - Frecuencia

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.2.5. Tiempo de concentración

A partir de las características de la cuenca se estableció el tiempo de concentración con las fórmulas de la tabla 10.

Tabla 17 – Formulas para Tiempo de Concentración

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA $t_c$ (minutos)	OBSERVACIONES
<b>Kirpich (1940)</b>	$t_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar $t_c$ por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
<b>California Culverts Practice (1942)</b>	$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.

Fuente: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC.

### 3.3.2.6. Cálculos de caudales

Se utilizará el método Racional el cual proporciona el caudal máximo según la precipitación, el coeficiente escorrentía y el área de la cuenca.

$$Q = 0.278 * CIA$$

Dónde:

Q: Caudal de diseño m<sup>3</sup>/s.

C: Coeficiente de escorrentía.

A: Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

I: Intensidad de lluvia en mm/h.

– Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de C se determinó con el anexo 2.

– Intensidad de la precipitacion (Fórmula)

$$I = \frac{150.38xT^{0.179}}{t^{0.527}}$$

– Área de la cuenca

Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

En el cálculo de cunetas, se considerará un ancho de 100m al talud este se multiplicará con la longitud del tramo. Considerando que el proyecto se ubica en una región seca o poco lluviosa la longitud promedio de las cunetas se consideró de 250m como máximo. Las longitudes de recorridos mayores se justifican técnicamente por el aprovechamiento de su sección hidráulica.

### 3.3.3. Hidráulica y drenaje

#### 3.3.3.1. Drenaje superficial

El drenaje superficial de la carretera consta del drenaje transversal y longitudinal, necesarios para evacuar el agua de las lluvias adecuadamente.

#### **Drenaje Transversal**

En el drenaje transversal existen 3 elementos, la alcantarilla, el badén y el puente. En el proyecto se realizó el diseño de alcantarillas y 1 badén, estos elementos tendrán una sección hidráulica adecuada para un libre flujo.

#### Cuencas hidrográficas

Se identificó 7 microcuencas las cuales cruzan el alineamiento, uno para el diseño de un badén y los otros para alcantarillas.

Tabla 18 – Cuencas Hidrográficas

Quebrada N°	Progr.	Obra de drenaje	Área (Km2)	Longitud del cauce (m)	Cota(msnm)	
					Máxima	Mínima
1.00	0+902	Alcantarilla de Paso	0.0363	220	2750	2662
2.00	0+954	Alcantarilla de Paso	0.1068	466	2755	2658
3.00	1+460	Badén	0.6380	1311	2880	2637
4.00	1+700	Alcantarilla de Paso	0.3489	1328	2899	2626
5.00	3+480	Alcantarilla de Paso	0.0781	383	2911	2786
6.00	3+760	Alcantarilla de Paso	0.0626	385	2917	2815
7.00	4+040	Alcantarilla de Paso	0.0724	136	2911	2835

Fuente: Elaboración Propia.

#### **Drenaje Longitudinal**

Para evacuar el agua que baja de los taludes y de la superficie de la carretera se diseñaran cunetas. Se consideró una velocidad máxima de 6 m/s por ser de concreto.

#### 3.3.3.2. Diseño de cunetas

Las cunetas serán de sección triangular; según velocidad e Índice Medio Diario Anual con inclinación máxima del talud interior (1:  $Z_1$ ).

Tabla 19 – Inclinationes Máximas del Talud (V: H) interior de la cuneta

V.D. (Km/h)	I.M.D.A (VEH./DIA)	
	< 750	> 750
<70	1:02	(*)
	1:03	
> 70	1:03	1:04

Fuente: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC.

La inclinación es 1:2, se consideró la inclinación del talud de corte (2:1) como la inclinación del talud exterior de la cuneta (V/H) (1:Z<sub>2</sub>).

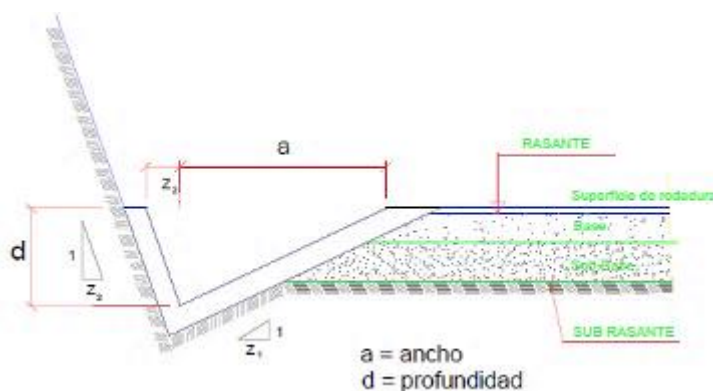


Figura 6 - Sección Típica de Cuneta triangular

Fuente: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC.

Se establecieron las dimensiones mínimas de la cuneta según la zona y la intensidad de lluvia; el distrito de Pulán es considerado como una zona Lluviosa (900mm/año).

Tabla 20 - Dimensiones mínimas de la sección de la cuneta

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000 mm/año)	0.30*	1.20

Fuente: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC.

Las dimensiones serán **H = 30cm** y **L = 75cm** como mínimas.

### Caudal de aporte “Q”

Se utilizó el método racional y el coeficiente de escorrentía se estableció del anexo 2.

Tabla 21 - Coeficiente de Escorrimento para el diseño de Cunetas

<b>SUP.</b>	<b>C</b>
Talud	0.50
Calzada	0.85

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC

Se utilizó la siguiente fórmula para calcular la intensidad de la precipitación:

$$I = \frac{150.38xT^{0.179}}{t^{0.527}}$$

Tabla 22 – Intensidad de Precipitación para el Diseño de Cunetas

<b>PERIODO DE RETORNO (años)</b>	<b>TIEMPO DE CONCETRACION (min)</b>	<b>INTENSIDAD (mm/hr)</b>
34	10	<b>44.52</b>

Fuente: Elaboración Propia.

El área fue un ancho tributario por la longitud del tramo en km.

Tabla 23 – Ancho Tributario para el Diseño de Cunetas

<b>SUP.</b>	<b>Ancho (km)</b>
Talud	0.1000
Carril + Berma	0.0035

Fuente: Elaboración Propia.

Se obtuvo los siguientes resultados:



Tabla 24 – Caudales para el Diseño de Cunetas

DESCRIPCIÓN	PROGRESIVAS		Q1 (talud) m3/seg	Q2 (calzada) m3/seg	Q TOTAL Q1+Q2 (m3/seg)
	INICIO	FIN			
C 01	00+ 000	00+ 779	0.482	0.029	<b>0.511</b>
C 02	00+ 779	00+ 902	0.076	0.005	<b>0.081</b>
C 03	00+ 902	00+ 954	0.032	0.002	<b>0.034</b>
C 04	00+ 954	01+ 460	0.313	0.019	<b>0.332</b>
C 05	01+ 460	01+ 700	0.149	0.009	<b>0.157</b>
C 06	01+ 700	02+ 067	0.227	0.014	<b>0.241</b>
C 07	02+ 067	02+ 895	0.512	0.030	<b>0.543</b>
C 08	02+ 895	03+ 312	0.258	0.015	<b>0.273</b>
C 09	03+ 312	03+ 480	0.104	0.006	<b>0.110</b>
C 10	03+ 480	03+ 760	0.173	0.010	<b>0.184</b>
C 11	03+ 760	04+ 040	0.173	0.010	<b>0.184</b>
C 12	04+ 040	05+ 042	0.620	0.037	<b>0.657</b>
C 13	05+ 042	05+ 525	0.299	0.018	<b>0.317</b>
C 14	05+ 525	06+ 161	0.394	0.023	<b>0.417</b>
C 15	06+ 161	06+ 742	0.360	0.021	<b>0.381</b>
C 16	06+ 742	07+ 160	0.259	0.015	<b>0.274</b>
C 17	07+ 160	07+ 423	0.163	0.010	<b>0.172</b>
C 18	07+ 423	07+ 739	0.196	0.012	<b>0.207</b>
C 19	07+ 739	07+ 980	0.149	0.009	<b>0.158</b>
C 20	07+ 980	08+ 597	0.382	0.023	<b>0.405</b>
C 21	08+ 597	09+ 308	0.440	0.026	<b>0.466</b>
C 22	09+ 308	09+ 986	0.420	0.025	<b>0.445</b>
C 23	09+ 986	10+ 194	0.129	0.008	<b>0.136</b>
C 24	10+ 194	10+ 305	0.069	0.004	<b>0.073</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Se efectuó el diseño de cada una de las cunetas.

### Capacidad de las cunetas

Para el diseño hidráulico de cada cuneta se utilizó la ecuación de Manning

$$Q = AV = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Donde:

- Q: Caudal (m<sup>3</sup>/seg)
- V: Velocidad (m/s)
- A: Área de la sección (m<sup>2</sup>)
- P: Perímetro mojado (m)
- Rh: Radio hidráulico (m)
- S: Pendiente (m/m)
- n: Coeficiente de Manning

De la tabla del anexo 2 se obtuvo el Coeficiente Manning para canales revestidos de concreto “n”, **0.015**.

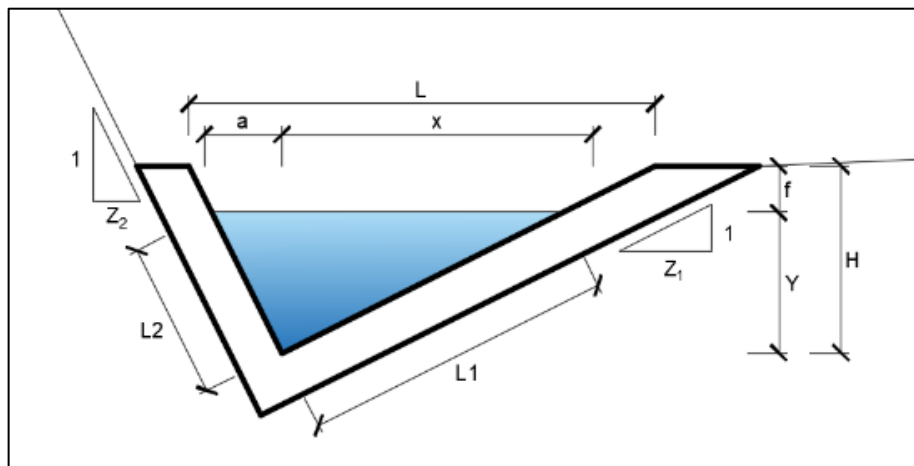


Figura 7 - Dimensiones de Cuneta Revestida

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Borde libre:  $f = 0.25H$
- ✓ Área Hidráulica:  $A = 0.5Y(x + a)$
- ✓ Perímetro Mojado:  $P = L_1 + L_2$
- ✓ Radio Hidráulico:  $R = AP^{-1}$

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 25 – Dimensiones del Diseño de Cunetas

<b>CUNETA</b>	<b>Q TOTAL (m3/seg)</b>	<b>Q SOPORTADO (m3/seg)</b>	<b>PENDIENTE (m/m)</b>	<b>DIMENSIONES</b>
C 01	<b>0.511</b>	0.517	0.0390	0.4x1m
C 02	<b>0.081</b>	0.518	0.0876	0.4x1m
C 03	<b>0.034</b>	0.518	0.0876	0.4x1m
C 04	<b>0.332</b>	0.518	0.0876	0.4x1m
C 05	<b>0.157</b>	0.425	0.0589	0.4x1m
C 06	<b>0.241</b>	0.425	0.0589	0.4x1m
C 07	<b>0.543</b>	0.674	0.0664	0.4x1m
C 08	<b>0.273</b>	0.302	0.0298	0.4x1m
C 09	<b>0.110</b>	0.491	0.0787	0.4x1m
C 10	<b>0.184</b>	0.491	0.0787	0.4x1m
C 11	<b>0.184</b>	0.491	0.0787	0.4x1m
C 12	<b>0.657</b>	0.827	0.0998	0.4x1m
C 13	<b>0.317</b>	0.735	0.0788	0.4x1m
C 14	<b>0.417</b>	0.417	0.0254	0.4x1m
C 15	<b>0.381</b>	0.798	0.0929	0.4x1m
C 16	<b>0.274</b>	0.497	0.0361	0.4x1m
C 17	<b>0.172</b>	0.543	0.0430	0.4x1m
C 18	<b>0.207</b>	0.675	0.0665	0.4x1m
C 19	<b>0.158</b>	0.345	0.0174	0.4x1m
C 20	<b>0.405</b>	0.673	0.0661	0.4x1m
C 21	<b>0.466</b>	0.595	0.0516	0.4x1m
C 22	<b>0.445</b>	0.446	0.0290	0.4x1m
C 23	<b>0.136</b>	0.607	0.0538	0.4x1m
C 24	<b>0.073</b>	0.301	0.0132	0.4x1m

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.3.3. Diseño de alcantarilla

Diseñamos alcantarillas de paso y de alivio circulares de acero corrugado (TMC).

Tabla 26 - Diámetros de Alcantarillas

DIAMETRO		DESARROLLO	SECCION	PERIMETRO	ESPESOR	H <sub>n</sub>	AR <sub>s</sub> <sup>2/3</sup>
mm.	plg.	pi	(m <sup>2</sup> )	(m)	(mm.)	(m)	
600	24	6	0,283	1,885	2,00	0,563	0,086
800	32	8	0,503	2,513	2,00	0,750	0,185
900	36	9	0,636	2,827	2,00	0,844	0,253
1000	40	10	0,785	3,142	2,50	0,938	0,335
1200	48	12	1,131	3,770	2,50	1,126	0,545
1500	60	15	1,767	4,712	3,00	1,407	0,988
1800	72	18	2,545	5,655	3,50	1,688	1,607
2000	80	20	3,142	6,283	3,50	1,876	2,129

Fuente: Ficha técnica Proveedor

#### **Alcantarillas de Paso**

También se utilizó el método racional, el valor de C es 0.20 (anexo 2), el área de las cuencas se determinó con el programa AutoCAD Civil 3D y la intensidad de la precipitación se calculó con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{150.38xT^{0.179}}{t^{0.527}}$$

El Tiempo de concentración de cada cuenca es el siguiente:

Tabla 27 – Tiempo de Concentración para el Diseño de Alcantarillas de Paso

OBRA DE DRENAJE	METODO KIRPICH	CALIFORNIA CULVERTS	PROMEDIO TC (minutos)
ALC_01	1.76	1.76	<b>1.76</b>
ALC_02	4.05	4.05	<b>4.05</b>
ALC_03	9.09	9.11	<b>9.10</b>
ALC_04	2.92	2.92	<b>2.92</b>
ALC_05	3.18	3.18	<b>3.18</b>
ALC_06	1.07	1.07	<b>1.07</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Y luego se halló la intensidad con 40 años de periodo de retorno.

Tabla 28 – Intensidad de Precipitación para el Diseño de Alcantarillas de Paso

<b>ALCANTARILLA</b>	<b>PERIODO DE RETORNO (años)</b>	<b>TIEMPO DE CONCETRACION (min)</b>	<b>INTENSIDAD (mm/hr)</b>
ALC_01	40	1.76	<b>215.54</b>
ALC_02	40	4.05	<b>139.09</b>
ALC_03	40	9.10	<b>90.78</b>
ALC_04	40	2.92	<b>165.17</b>
ALC_05	40	3.18	<b>158.01</b>
ALC_06	40	1.07	<b>280.57</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Y se obtuvo los siguientes caudales.

Tabla 29 – Caudal para el Diseño de Alcantarillas de Paso

<b>OBRA DE DRENAJE</b>	<b>AREA (km2)</b>	<b>C</b>	<b>INTENSIDAD (mm/hr)</b>	<b>CAUDAL (m3/s)</b>
ALC_01	0.036	0.20	215.54	<b>0.435</b>
ALC_02	0.107	0.20	139.09	<b>0.826</b>
ALC_03	0.349	0.20	90.78	<b>1.761</b>
ALC_04	0.078	0.20	165.17	<b>0.717</b>
ALC_05	0.063	0.20	158.01	<b>0.550</b>
ALC_06	0.072	0.20	280.57	<b>1.129</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Para obtener el caudal total para el diseño se sumó la aportación por las cunetas.

Tabla 30 – Caudal total a Drenar de las Alcantarillas de Paso

<b>OBRA DE DRENAJE</b>	<b>CAUDAL (m3/s)</b>	<b>CAUDAL APOORTE CUNETAS (m3/s)</b>	<b>TOTAL A DRENAR (m3/s)</b>
ALC_01	0.435	0.03	<b>0.47</b>
ALC_02	0.826	0.33	<b>1.16</b>
ALC_03	1.761	0.24	<b>2.00</b>
ALC_04	0.717	0.18	<b>0.90</b>
ALC_05	0.550	0.18	<b>0.73</b>
ALC_06	1.129	0.66	<b>1.79</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Para cada alcantarilla se consideró las siguientes características.

Tabla 31 – Dimensiones propuestas para Alcantarillas de Paso

OBRA DE DRENAJE	DIAMETRO (pulg)	DIAMETRO (mm)	“n” de TMC	PENDIENTE (m/m)	CAUDAL (m3/s)
ALC_01	32"	800	0.025	0.02	0.8868
ALC_02	36"	900	0.025	0.02	1.2140
ALC_03	48"	1200	0.025	0.02	2.6144
ALC_04	36"	900	0.025	0.02	1.2140
ALC_05	32"	800	0.025	0.02	0.8868
ALC_06	48"	1200	0.025	0.02	2.6144

Fuente: Elaboración Propia.

Para obtener una propuesta de la sección se utilizó el programa HCANALES.

Tabla 32 – Resultados de alcantarillas de Paso - HCANALES

PROGRESIVAS	OBRA DE DRENAJE	DIAMETRO (m)	TIRANTE (m)	CAUDAL (m3/s)
0+902	ALC_01	0.80	0.60	0.8868
0+954	ALC_02	0.90	0.675	1.2140
1+700	ALC_03	1.20	0.90	2.6144
3+480	ALC_04	0.90	0.675	1.2140
3+760	ALC_05	0.80	0.60	0.8868
4+040	ALC_06	1.20	0.90	2.6144

Fuente: Elaboración Propia.

Considerando que el riesgo de obstrucción es medio, se colocará alcantarillas con diámetro de 36" (0.90m) como mínimo. Teniendo así:

Tabla 33 – Dimensiones Finales para alcantarillas de paso

OBRA DE DRENAJE	DIAMETRO (pulg)	DIAMETRO (mm)	“n” de TMC	PENDIENTE (m/m)
ALC_01	36"	900	0.025	0.02
ALC_02	36"	900	0.025	0.02
ALC_03	48"	1200	0.025	0.02
ALC_04	36"	900	0.025	0.02
ALC_05	36"	900	0.025	0.02
ALC_06	48"	1200	0.025	0.02

Fuente: Elaboración Propia.

## Alcantarillas de Alivio

Con el caudal aportado por las cunetas se diseñaron las alcantarillas de alivio.

Tabla 34 – Caudal para el Diseño de alcantarillas de Alivio

Alcantarilla N.º	Progresivas	Caudal aporte cuneta	TOTAL A DRENAR (m3/s)
<b>1</b>	0+779	0.591	<b>0.591</b>
<b>2</b>	2+067	0.543	<b>0.543</b>
<b>3</b>	2+895	0.273	<b>0.273</b>
<b>4</b>	3+312	0.110	<b>0.110</b>
<b>5</b>	4+570	0.591	<b>0.591</b>
<b>6</b>	5+560	0.543	<b>0.543</b>
<b>7</b>	6+160	0.273	<b>0.273</b>
<b>8</b>	6+740	0.110	<b>0.110</b>
<b>9</b>	8+600	0.184	<b>0.184</b>
<b>10</b>	9+300	0.184	<b>0.184</b>
<b>11</b>	10+100	0.657	<b>0.657</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Para cada alcantarilla se consideró las siguientes características.

Tabla 35 – Dimensiones Propuestas para alcantarillas de Alivio

Alcantarilla N.º	DIAMETRO (pulg)	DIAMETRO (m)	“n” de TMC	PENDIENTE (m/m)	CAUDAL (m3/s)
<b>1</b>	32	0.80	0.025	0.02	0.8868
<b>2</b>	32	0.80	0.025	0.02	0.8868
<b>3</b>	24	0.60	0.025	0.02	0.4117
<b>4</b>	24	0.60	0.025	0.02	0.4117
<b>5</b>	32	0.80	0.025	0.02	0.8868
<b>6</b>	32	0.80	0.025	0.02	0.8868
<b>7</b>	32	0.80	0.025	0.02	0.8868
<b>8</b>	24	0.60	0.025	0.02	0.4117
<b>9</b>	32	0.80	0.025	0.02	0.8868
<b>10</b>	24	0.60	0.025	0.02	0.4117
<b>11</b>	32	0.80	0.025	0.02	0.8868

Fuente: Elaboración Propia.

Para obtener una propuesta de la sección se utilizó el programa HCANALES.

Tabla 36 – Resultados de alcantarillas de Alivio - HCANALES

DIAMETRO (pulg)	DIAMETRO (m)	TIRANTE (m)	CAUDAL (m3/s)	DIAMETRO a COLOCAR
24	0.60	0.45	0.4117	36"
32	0.80	0.60	0.8868	36"

Fuente: Elaboración Propia.

Se colocará alcantarillas con diámetro de 36" (0.90m) como mínimo a todas para que no haya obstrucción por dimensiones menores.

#### 3.3.3.4. Diseño de Badén

El badén es de sección trapezoidal. También se utilizó el método racional, el valor de C es 0.40 (anexo 2), el área de las cuencas se determinó con el programa AutoCAD Civil 3D y la intensidad de la precipitación se calculó con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{150.38 \times T^{0.179}}{t^{0.527}}$$

El Tiempo de concentración de la cuenca es la siguiente.

Tabla 37 – Tiempo de Concentración para el Diseño del badén

OBRA DE DRENAJE	METODO KIRPICH	CALIFORNIA CULVERTS	PROMEDIO TC (min)
BADEN	9.37	9.38	<b>9.38</b>

Fuente: Elaboración Propia.

La intensidad de la precipitación es la siguiente.

Tabla 38 – Intensidad de Precipitación para el Diseño del badén

OBRA DE DRENAJE	PERIODO DE RETORNO (años)	TIEMPO DE CONCETRACION (min)	INTENSIDAD (mm/hr)
BADEN	77	9.38	<b>100.44</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Para luego determinar el caudal (Método racional).

Tabla 39 – Caudal para el Diseño del Badén

OBRA DE DRENAJE	AREA (km2)	C	INTENSIDAD (mm/hr)	CAUDAL (m3/s)
BADEN	0.638	0.20	100.44	<b>3.563</b>

Fuente: Elaboración Propia.



Se le añadió el aporte de la cuneta para obtener el total a drenar.

Tabla 40 – Caudal total a drenar el Badén

OBRA DE DRENAJE	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	CAUDAL APOORTE CUNETA (m <sup>3</sup> /s)	TOTAL A DRENAR (m <sup>3</sup> /s)
BADEN	3.563	0.16	<b>3.720</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### Cálculo de dimensiones

Con el caudal total a drenar, el ancho de solera “b” de 3 metros y un talud “Z” de 10, el programa HCANALES nos brindó el tirante normal. Al tirante se le añadió 0.30m de borde libre, como lo recomienda el manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje del MTC. En el km 1+460 se ubicará el eje de la sección del badén. Sus dimensiones son las siguientes.

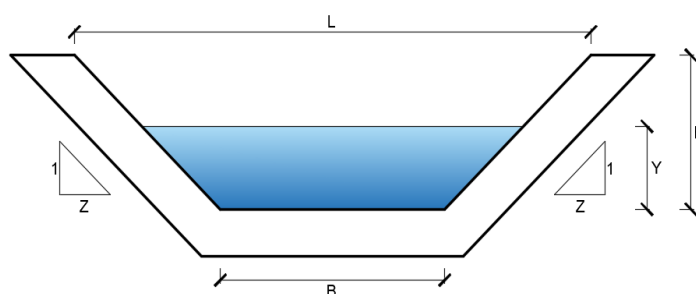


Figura 8- Dimensiones Del Badén

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41 – Dimensiones del Badén

<b>L</b>	11.00 m
<b>z</b>	10.00 m
<b>b</b>	3.00 m
<b>h</b>	0.55 m
<b>y</b>	0.25 m

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.4. Resumen de obras de arte

Tabla 42 – Resultado de dimensiones de cunetas

DESCRIPCIÓN	PROGRESIVAS		DIMENSIONES DE CUNETA
	INICIO	FIN	
C 01	00+ 000	00+ 779	0.4x1m
C 02	00+ 779	00+ 902	0.4x1m
C 03	00+ 902	00+ 954	0.4x1m
C 04	00+ 954	01+ 460	0.4x1m
C 05	01+ 460	01+ 700	0.4x1m
C 06	01+ 700	02+ 067	0.4x1m
C 07	02+ 067	02+ 895	0.4x1m
C 08	02+ 895	03+ 312	0.4x1m
C 09	03+ 312	03+ 480	0.4x1m
C 10	03+ 480	03+ 760	0.4x1m
C 11	03+ 760	04+ 040	0.4x1m
C 12	04+ 040	05+ 042	0.4x1m
C 13	05+ 042	05+ 525	0.4x1m
C 14	05+ 525	06+ 161	0.4x1m
C 15	06+ 161	06+ 742	0.4x1m
C 16	06+ 742	07+ 160	0.4x1m
C 17	07+ 160	07+ 423	0.4x1m
C 18	07+ 423	07+ 739	0.4x1m
C 19	07+ 739	07+ 980	0.4x1m
C 20	07+ 980	08+ 597	0.4x1m
C 21	08+ 597	09+ 308	0.4x1m
C 22	09+ 308	09+ 986	0.4x1m
C 23	09+ 986	10+ 194	0.4x1m
C 24	10+ 194	10+ 305	0.4x1m

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 43 – Resultados de Dimensiones de Alcantarillas de Paso

OBRA DE DRENAJE	DIAMETRO (pulg)	PROGRESIVAS
ALC_01	36"	0+902
ALC_02	36"	0+954
ALC_03	48"	1+700
ALC_04	36"	3+480
ALC_05	36"	3+760
ALC_06	48"	4+040

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 44 – Resultados de Dimensiones de Alcantarillas de Alivio

<b>Alcantarilla N.º</b>	<b>Progresivas</b>	<b>DIAMETRO (pulg)</b>
<b>1</b>	0+779	<b>36</b>
<b>2</b>	2+067	<b>36</b>
<b>3</b>	2+895	<b>36</b>
<b>4</b>	3+312	<b>36</b>
<b>5</b>	4+570.00	<b>36</b>
<b>6</b>	5+560.00	<b>36</b>
<b>7</b>	6+160.00	<b>36</b>
<b>8</b>	6+740.00	<b>36</b>
<b>9</b>	8+600.00	<b>36</b>
<b>10</b>	9+300.00	<b>36</b>
<b>11</b>	10+100.00	<b>36</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 45 – Resultados de Dimensiones de Badén

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PROGRESIVAS</b>		<b>DIMENSIONES</b>			
	<b>DESDE</b>	<b>HASTA</b>	<b>L</b>	<b>b</b>	<b>h</b>	<b>z</b>
BADEN 11m	Km 1+ 454.50	Km 1+465.50	11	3	0.55	10

Fuente: Elaboración Propia.

### **3.4. Diseño Geométrico**

#### **3.4.1. Generalidades**

El diseño geométrico de una carretera se obtiene de la integración del diseño en planta, perfil y sus respectivas secciones transversales; estos deben efectuarse de manera apropiada para garantizar la transitabilidad de los vehículos por la vía. Este proyecto se diseñó buscando el beneficio a los pobladores de la zona, tanto en el espacio económico y social, limitando las características técnicas y geométricas de la vía a estos.

En la elaboración y estudio del diseño geométrico de la carretera se puntualizará elementos, criterios y factores a tener en cuenta, además, se establecerá su clasificación según su orografía y demanda.

#### **3.4.2. Normativa**

Se utilizó las siguientes:

- Manual de Carreteras **“Diseño Geométrico (DG–2018)”**.
- Manual de Carreteras **“Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”**.
- Manual de **“Dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras”**.

#### **3.4.3. Clasificación de las carreteras**

##### **3.4.3.1. Clasificación por demanda**

Según DG-2018 sección 101, el tramo del proyecto en estudio se clasifica en función a su demanda en Carretera de Tercera Clase con IMDA menor a 400 veh/día.

##### **3.4.3.2. Clasificación por su orografía**

Según DG-2018 sección 102, el tramo se clasifica por su orografía en una carretera con Terreno Accidentado (Tipo 3), por lo que sus pendientes transversales al eje de la carretera están entre 45% y 80% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 5% y 14 %, por lo que requiere significativos movimientos de tierras, lo cual presenta dificultades en el trazado con curvas de radio mínimo.

### 3.4.4. Estudio de tráfico

#### 3.4.4.1. Generalidades

El estudio de tráfico nos permitió realizar el diseño del pavimento a partir de la demanda del tráfico en índice medio diario anual (IMDA) conociendo el tipo de vehículo del proyecto. La información obtenida sirve como base para el estudio de la proyección de la demanda para el periodo de análisis y así establecer el número de ejes equivalentes (EE).

El cálculo del IMDA requiere de los índices de variación mensual del departamento de Cajamarca para vehículos ligeros y pesados, teniendo estos datos será suficiente realizar el conteo vehicular en solo tres días, un día laborable, sábado y domingo; bajo la condición de tráfico normal.

#### 3.4.4.2. Conteo y clasificación vehicular

El conteo vehicular se ejecutó por 24 horas clasificando a los vehículos como automóvil, camioneta, camioneta rural, microbús, camión de 2 y 3 ejes.

#### 3.4.4.3. Metodología

- Se colocó las estaciones de conteo a la mitad del tramo con dos personas, uno para la mañana y otro para la noche, para el registro del tráfico. El conteo vehicular fue hecho en cada sentido,
- De los datos obtenidos del conteo vehicular, se elaboró un resumen por día, en cada sentido y en ambos sentidos.
- Se calculó el índice medio diario (IMD) utilizando la siguiente formula:

$$IMD = \frac{5T_{L-V} + T_S + T_D}{7}$$

Donde:

- ✓  $T_{L-V}$  : Cantidad de Vehículos día miércoles
- ✓  $T_S$  : Cantidad de Vehículos día sábado
- ✓  $T_D$  : Cantidad de Vehículos día domingo

Luego  $IMDa = IMD \times Fcd$

#### 3.4.4.4. Determinación del índice medio diario (IMD)

Tabla 46 – Resultado del conteo Vehicular

Tramo	Estación	Sentido	IMD	Tipo de Vehículo										
				Automovil	Camioneta	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus 2E	Omnibus 3E	Camion 2E	Camion 3E	Camion 4E	Semitrallers	Trailers
CHILAL - PUCARÁ	A	E	19	3	6	7	0	0	0	2	1	0	0	0
		S	26	6	7	7	0	0	0	3	3	0	0	0
		E+S	45	9	13	14	0	0	0	5	4	0	0	0
		%	100.00	20.00	28.89	31.11	0.00	0.00	0.00	11.11	8.89	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia.

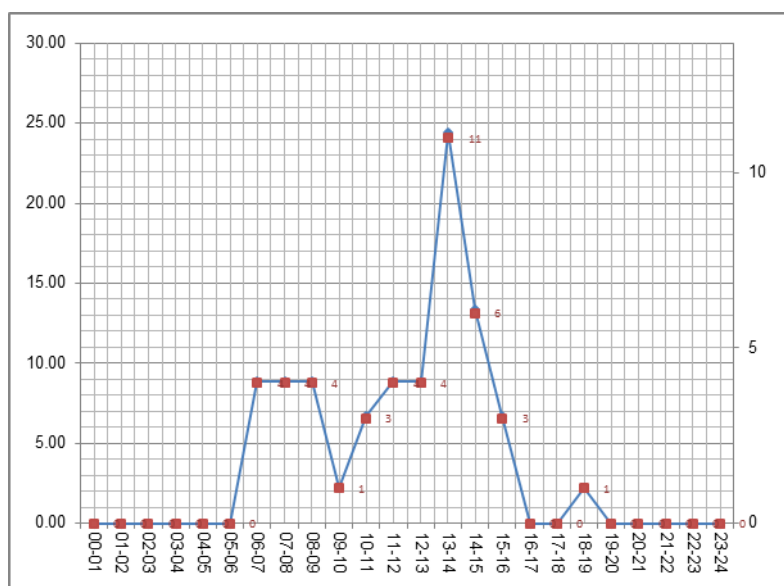


Figura 9 - Variación del tráfico en las 24 horas

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.4.4.5. Determinación del factor de corrección Departamental

Para obtener el Factor de corrección del departamento de Cajamarca se dividió el total del flujo vehicular del año 2017 entre doce veces el mes en el cual se hizo el conteo de vehículos (mes de Septiembre).

Tabla 47 - Flujo Vehicular de vehículos ligeros, Cajamarca, 2017

MES	VEHICULOS
ENERO	237 223
FEBRERO	223 282
MARZO	225 291
ABRIL	196 445
MAYO	205 383
JUNIO	195 846
JULIO	245 400

AGOSTO	231 524
SEPTIEMBRE	202 970
OCTUBRE	264 879
NOVIEMBRE	258 346
DICIEMBRE	316 221
<b>TOTAL</b>	<b>2 802 810</b>

Fuente: INEI

De la tabla se obtiene el total del año 2017 y del mes de septiembre, saliendo como resultado de factor de corrección para vehículos ligeros: 1.1507.

Tabla 48 - Flujo Vehicular de vehículos pesados, Cajamarca, 2017

MES	VEHICULOS
ENERO	184 854
FEBRERO	178 697
MARZO	178 287
ABRIL	174 205
MAYO	177 237
JUNIO	166 747
JULIO	175 107
AGOSTO	182 218
SEPTIEMBRE	178 779
OCTUBRE	245 510
NOVIEMBRE	248 534
DICIEMBRE	266 112
<b>TOTAL</b>	<b>2 356 287</b>

Fuente: INEI

De la tabla se obtiene el total del año 2017 y del mes de septiembre, saliendo como resultado de factor de corrección para vehículos pesados: 1.0983.

#### 3.4.4.6. Resultados del conteo vehicular

Se muestra el resumen del IMD del conteo vehicular efectuado.

Tabla 49 – Formato de Conteo del MTC

Tipo	IMD	%
Automóvil	9	20.75
Camioneta	13	28.30
Camioneta Rural	14	30.19
Camión 2E	5	11.32
Camión 3E	4	9.43
	<b>45</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.4.4.7. IMDa por estación

Al conteo vehicular se multiplicó el factor de corrección para cada tipo de vehículo obteniendo:

Tabla 50 – IMDA corregido por factores

<b>Auto</b>	11	20.75%
<b>Camioneta</b>	31	58.49%
<b>Camión 2E</b>	6	11.32%
<b>Camión 3E</b>	5	9.43%
<b>Articulado</b>	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>53</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.4.4.8. Proyección de tráfico

El proyecto se diseñó con el volumen de tráfico proyectado a diez años de vida útil. La demanda de tránsito se calculará con la siguiente formula:

$$P_f = P_o(1 + T_c)^n$$

Donde:

$P_f$  : Tráfico futuro en veh/día.

$P_o$  : Tráfico actual en veh/día.

$T_c$  : Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

$n$  : Periodo de diseño.

Para los vehículos de pasajeros,  $T_c$  se tomará la tasa anual de crecimiento del distrito de Pulán (1.15%) y para los vehículos de carga, se tomará la tasa anual de crecimiento de la economía del departamento Cajamarca (4.1%)

Tabla 51 – Proyección del tráfico a 10 años

	<b>Vehículos</b>	<b>Tc %</b>	<b>n</b>	<b>Total</b>
<b>Auto</b>	11	1.15	10	13
<b>Camioneta</b>	31	1.15	10	35
<b>Camión 2E</b>	6	4.10	10	9
<b>Camión 3E</b>	5	4.10	10	8
<b>Articulado</b>	0	4.10	10	0
	<b>53</b>		<b>Total</b>	<b>65</b>

Fuente: Elaboración Propia.



#### 3.4.4.9. Cálculo de ejes equivalentes

Para obtener lo Ejes Equivalentes se multiplicó el IMDA por los 365 días del año, por el Factor esal para cada tipo de vehiculo y el factor de crecimiento para vehículos ligeros y pesados. Se obtuvo lo siguiente:

Tabla 52 – Ejes equivalentes del tráfico

TIPO DE VEHICULO	VEH/DIA	VEH/AÑO	ESAL	FC	EE
Autos	11	4 015	0.007	10.53	296
Camioneta	31	11 315	0.187	10.53	22 288
Camión 2E	6	2 190	3.560	12.06	94 040
Camión 3E	5	1 825	2.530	12.06	55 693
				<b>TOTAL</b>	<b>172 317</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Para el calculo del ESAL se utilizó las siguientes formulas, donde P es el peso del eje, la suma de todos los ejes corresponde al factor ESAL.

$$EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4 \quad EE_{S2} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^4 \quad EE_{TA2} = \left(\frac{P}{15.1}\right)^4$$

Para el calculo de el Factor de Crecimiento se utilizó las siguientes expresiones para vehículos ligeros y pesados.

$$FC = \frac{(1 + 1.15\%)^{10} - 1}{1.15}$$

FC - vehículos ligeros

$$FC = \frac{(1 + 4\%)^{10} - 1}{4\%}$$

FC - vehículos Pesados

#### 3.4.4.10. Clasificación de vehículo

Del conteo vehicular se obtuvo:

Tabla 53 – Tipos de Vehículos

TIPO DE VEHICULO	IMDA	%
VEHICULOS LIGEROS	42	79%
VEHICULOS PESADOS	11	21%
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.5. Parámetros básicos para el diseño en zona rural

#### 3.4.5.1. Índice medio diario anual (IMDA)

El Índice Medio Diario Anual del tramo en el año 2017 es:

Tabla 54 – Índice Medio Diario Anual del proyecto

<b>ACTUAL</b>	<b>PROYECTADO</b>	<b>MAXIMO</b>
53 veh/día	65 veh/día	<b>400veh/día</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.4.5.2. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño se tomó de acuerdo a la clasificación de la carretera por demanda y orografía. Se utilizó la mínima.

Tabla 55 – Velocidad de Diseño del proyecto

<b>TERRENO</b>	<b>VELOCIDAD</b>
ACCIDENTADO (Tipo 3)	<b>30km/h</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.4.5.3. Radios mínimos

A partir de la ubicación de la vía, su orografía y su velocidad de diseño se determinaron el radio mínimo. El tramo está ubicado en el área rural.

Tabla 56 – Radios Mínimos del proyecto

<b>TERRENO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>RADIO MIN.</b>
ACCIDENTADO (Tipo 3)	30km/h	<b>25m</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.4.5.4. Anchos mínimos de calzada en tangente

Se estableció con la orografía y la velocidad de diseño.

Tabla 57 – Anchos Mínimos del Proyecto

<b>TERRENO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>ANCHO MIN.</b>
ACCIDENTADO (3)	30km/h	<b>6.00m</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.4.5.5. Distancia de visibilidad

La distancia de parada y distancia de paso son las que enmarcan la visibilidad en la carretera. La distancia de visibilidad de parada se obtuvo con la pendiente longitudinal, la velocidad y el anexo 4, (Figura 205.01 DG – 2018); y la distancia de visibilidad de adelantamiento, con la velocidad de Diseño y el anexo 5, (Figura 205.03 DG – 2018).

### 3.4.6. **Diseño geométrico en planta**

#### 3.4.6.1. Generalidades

En este apartado se determinó los parámetros y criterios tomados para el diseño de la carretera en proyecto. El diseño geométrico en planta está formado por tramos rectos y circulares, que permiten pasar entre ellos, de una manera suave, permitiendo a los vehículos una velocidad continua en la mayor distancia posible. La topografía del tramo definirá el radio de cada curva horizontal, su velocidad y distancia de visibilidad.

#### **Consideraciones de diseño**

Se sustituirá por una curva circular, dos curvas sucesivas en el mismo sentido que se encuentran unidas por un tramo recto. En el caso de carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte. Las curvas consecutivas en sentidos contrarios, con curvas de transición, tendrán sus extremos unidos o separados por tangentes pequeñas. En el caso de curvas opuestas sin espiral, el tramo recto entre ellas permitirá la transición del peralte. Se deberá buscar un trazo en planta uniforme, donde los tramos rectos y curvos se armonicen continuamente.

#### 3.4.6.2. Tramos en tangente

Las longitudes mínimas y máximas se determinaron con la velocidad de diseño con el anexo 6, teniendo lo siguiente:

Tabla 58 – Longitudes de tramos en tangente

<b>VELOCIDAD DE DISEÑO</b>	<b>L min.s</b>	<b>L min.o</b>	<b>L max</b>
30 km/h	42 m	84 m	500 m

Fuente: DG-2018 – MTC (Tabla 302.01)

#### 3.4.6.3. Curvas circulares

Las curvas circulares fueron proyectadas con un solo radio a partir de dos tangentes consecutivas. El radio mínimo que permitirá el recorrido a la velocidad de diseño y peralte máximo fue obtenido del anexo 6 y el peralte para radios mayores del anexo 7.

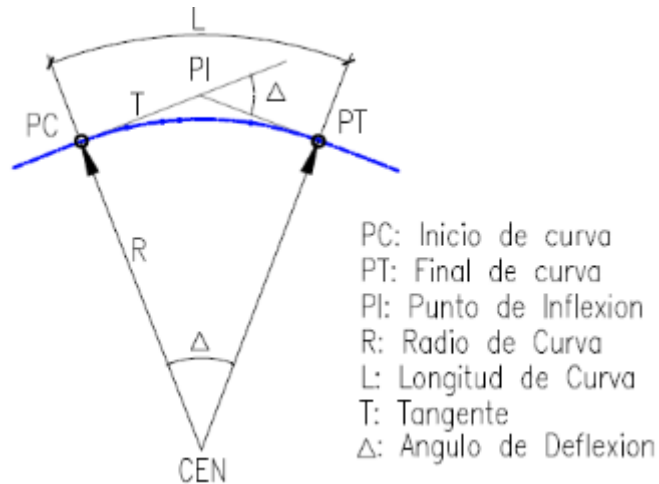


Figura 10 - Elementos de la curva circular  
 Fuente: Elaboración Propia

Ejemplo de curva en PI-1:

$$\Delta = 87^{\circ}37'28''$$

$$R = 50m$$

$$T = 50x \tan \frac{\Delta}{2} = 47.969m$$

$$L = 2\pi x 50x \frac{\Delta}{360} = 76.467m$$

#### 3.4.6.4. Curvas de transición

Las curvas de transición, son espirales que permiten el paso de manera tranquila en el trazo de la carretera y cuenta con distancias con la finalidad de pasar de la sección transversal de los tramos en tangente con bombeo a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobreancho, realizando el cambio gradual, a la que se conoce como longitud de transición. Se adoptaron longitudes de transición de 30 m.

En el caso de carreteras de tercera clase y cuando se use curva de transición, la longitud de la espiral no será menor que  $L_{\min}$  ni mayor que  $L_{\max}$ , según las siguientes fórmulas:

$$L_{\min} = 0.0178 \frac{V^3}{R} \quad L_{\max} = (24R)^{0.5}$$

Dónde:

R: Radio de la curvatura circular horizontal.

V: Velocidad específica en km/h.

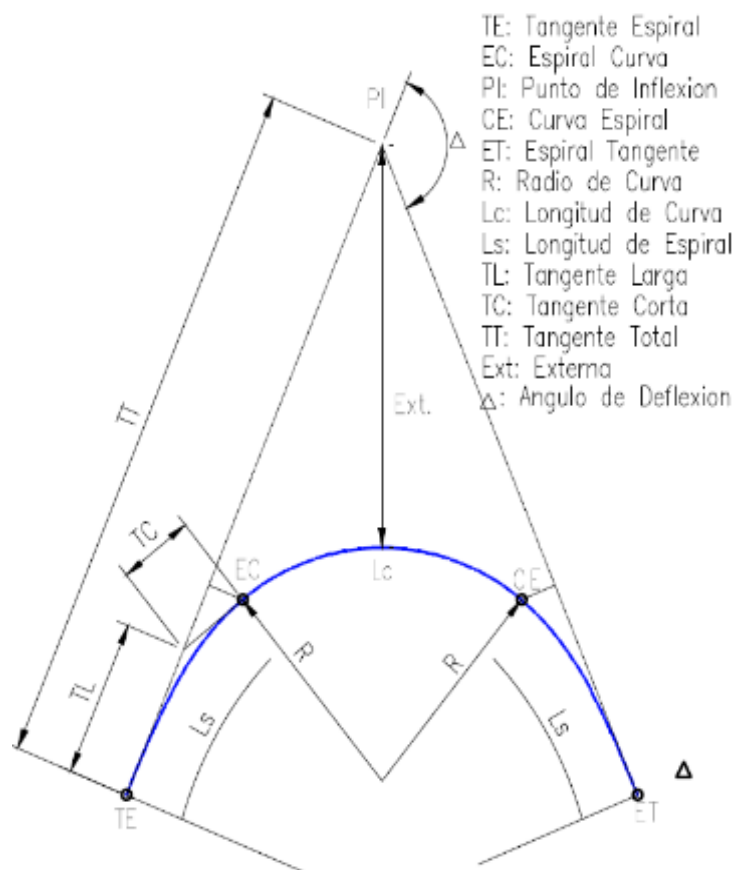


Figura 11 - Elemento de una Curva Circular con espiral  
 Fuente: Elaboración Propia

### Valores Máximos

La longitud máxima será 1,5 veces su longitud mínima.

Tabla 59 - Radios que permiten prescindir de la curva de transición

VELOCIDAD	RADIO MIN.
30km/h	<b>55m</b>

Fuente: DG-2018 – MTC

En radio de curvas horizontales superiores a 55m, no se utilizó curvas de transición.

#### 3.4.6.5. Curvas de vuelta

Por el terreno accidentado que presenta se trazó curvas de volteo. Para el diseño se optó por un radio de **15m** con un peralte de **12%** y una longitud de transición de **30 m**. El vehículo de Diseño fue el camión C2 y según la maniobra se tomó como radio mínimo interior de 12m y un radio exterior de 20.50m.

#### 3.4.6.6. Transición de peralte

Desde la zona en tangente y la zona peraltada de la curva se debe desarrollar la transición del peralte en un tramo con longitud mínima definida con la siguiente fórmula.

$$L_{\min} = \frac{(p_f - p_i)B}{ip_{\max}}$$

Dónde:

- $L_{\min}$ : Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).  
 $p_f$ : Peralte final con su signo (%).  
 $p_i$ : Peralte inicial con su signo (%).  
 $B$ : Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

El  $ip_{\max}$  se calculó con la sucesiva fórmula:

$$ip_{\max} = \frac{180 - V}{100}$$

Dónde:

- $ip_{\max}$ : Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).  
 $V$ : Velocidad de diseño (km/h).

El desvanecimiento del bombeo, se realizará antes de la transición de peralte.

- ✓ Dos pendientes. El bombeo con el mismo sentido que el peralte se conservará, y el otro se desvanecerá.
- ✓ Pendiente única del mismo sentido que el peralte. El bombeo se conservará.
- ✓ Pendiente única de sentido contrario al peralte. El bombeo de toda la plataforma se desvanecerá.

Se calculó la longitud del desvanecimiento de bombeo con:

$$Des. Bombeo = \frac{Lt \times b\%}{p\%}$$

La transición de la inclinación de la berma al bombeo se calculó con:

$$Des. Berma = \frac{Lt \times (b\% - n\%)}{p\%}$$

#### 3.4.6.7. Sobreancho

##### **Necesidad del sobreancho**

El ancho adicional en las curvas de la vía, se dio para compensar el espacio requerido por los vehículos en estas, manteniéndole dentro de carril. El sobreancho no ocupa el ancho de la berma.

##### **Desarrollo del sobreancho**

El desarrollo del sobreancho se realiza de manera gradual y linealmente, en el lado interno de las curvas, a la entrada y salida, utilizando la longitud de transición de peralte para curvas circulares y curvas de espiral.

##### **Valores del sobreancho**

El sobreancho se calculó con el tipo de vehículo, radio de la curva y velocidad de diseño con la siguiente fórmula:

$$Sa = n \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

Sa: Sobreancho (m)

n: Número de carriles (2)

R: Radio (m)

L: Distancia entre eje posterior y parte frontal (m) (C2: 7.30m)

V: Velocidad de diseño (km/h)

Solo se cambiará el radio y se obtendrá el sobreancho de cada curva.

Tabla 60 – Resultados del Diseño Geométrico en Planta

N° PI	Sentido	RADIO (m)	P.C.	P.T.	Sa (m)	P%	Le (m)	Lmin P% (m)
1	D	50	0+117.24	0+193.70	1.50	9.0%	30	30
2	I	30	0+361.90	0+418.55	2.40	11.4%	30	30
3	D	35	0+605.69	0+666.61	2.10	10.8%	30	30
4	I	35	0+795.50	0+833.49	2.10	10.8%	30	30
5	D	30	0+914.99	0+958.06	2.40	11.4%	30	30
6	I	35	1+140.99	1+192.03	2.10	10.8%	30	30
7	D	55	1+349.45	1+432.61	1.40	8.6%	No	24
8	D	25	1+521.47	1+549.49	2.80	12.0%	30	30
9	I	25	1+653.73	1+684.74	2.80	12.0%	30	30
10	D	55	1+841.01	1+930.26	1.40	8.6%	No	24
11	I	25	2+043.84	2+076.45	2.80	12.0%	30	30
12	I	250	2+204.42	2+258.41	0.50	2.7%	No	12
13	D	25	2+459.27	2+474.41	2.80	12.0%	30	30
14	I	25	2+595.13	2+618.00	2.80	12.0%	30	30
15	D	100	2+719.71	2+787.67	0.90	5.8%	No	18
16	I	100	2+856.77	2+948.92	0.90	5.8%	No	18
17	D	50	3+286.20	3+337.56	1.50	9.0%	30	30
18	I	25	3+512.69	3+552.20	2.80	12.0%	30	30
19	D	150	3+758.33	3+829.05	0.70	4.1%	No	15
20	I	55	3+942.61	4+033.66	1.40	8.6%	No	24
21	I	55	4+071.43	4+114.25	1.40	8.6%	No	24
22	D	25	4+228.37	4+251.71	2.80	12.0%	30	30
23	D	100	4+544.77	4+667.73	0.90	5.8%	No	18
24	I	100	4+793.26	4+859.65	0.90	5.8%	No	18
25	I	200	5+098.88	5+174.58	0.50	3.3%	No	13
26	D	40	5+412.51	5+432.16	1.90	10.2%	30	30
27	I	55	5+480.03	5+505.61	1.40	8.6%	No	24
28	I	55	5+590.10	5+626.29	1.40	8.6%	No	24
29	D	500	5+786.04	6+023.25	0.40	2.0%	No	10
30	I	55	6+237.77	6+271.71	1.40	8.6%	No	24
31	I	25	6+386.19	6+413.19	2.80	12.0%	30	30
32	D	25	6+543.10	6+575.70	2.80	12.0%	30	30
33	I	110	6+672.56	6+732.29	0.80	5.4%	No	17
34	I	120	6+999.37	7+187.71	0.80	5.0%	No	16
35	D	25	7+329.38	7+350.07	2.80	12.0%	30	30
36	D	200	7+726.06	7+843.52	0.50	3.3%	No	13
37	I	55	7+972.25	8+003.57	1.40	8.6%	No	24
38	I	55	8+074.64	8+131.63	1.40	8.6%	No	24
39	D	25	8+199.21	8+211.75	2.80	12.0%	30	30
40	I	25	8+375.73	8+403.79	2.80	12.0%	30	30
41	D	55	8+548.70	8+594.30	1.40	8.6%	No	24
42	I	55	8+650.10	8+687.51	1.40	8.6%	No	24
43	D	15	8+747.08	8+759.14	4.60	12.0%	30	30
44	I	80	8+831.50	8+874.30	1.10	6.8%	No	20
45	I	100	8+962.80	9+057.10	0.90	5.8%	No	18
46	D	80	9+125.27	9+193.92	1.10	6.8%	No	20
47	I	200	9+275.01	9+324.70	0.50	3.3%	No	13
48	I	200	9+528.24	9+605.46	0.50	3.3%	No	13
49	I	300	9+791.57	9+834.35	0.40	2.2%	No	11
50	I	200	10+032.13	10+092.81	0.50	3.3%	No	13

Fuente: Elaboración Propia.

Sa: Sobreancho

P%: Peralte en %

Le: Longitud de espiral

Lmin P%: Longitud de Transición de Peralte y Sobreancho



### **3.4.7. Diseño geométrico en perfil**

#### **3.4.7.1. Generalidades**

El diseño geométrico en perfil está formado por rectas y curvas verticales cóncavas o convexas, controladas por el relieve del terreno, el diseño apropiado de ellas asegura las distancias de visibilidad demandadas por la carretera, este permitirá la transitabilidad constante a la velocidad de diseño en toda la longitud de la vía.

#### **3.4.7.2. Pendiente**

##### **Pendiente mínima**

Una pendiente mínima es necesaria para evacuar las aguas superficiales que llegan a la carretera. Se considero una pendiente mínima de 0.5%.

##### **Pendiente máxima**

La pendiente máxima permite diseñar de forma adecuada la carretera para satisfacer el rendimiento del vehículo y no sea esforzado. (Anexo 9) Se considero una pendiente máxima de 10%.

#### **3.4.7.3. Curvas verticales**

Las curvas verticales se colocarán para carreteras pavimentadas si la diferencia algebraica de sus pendientes es mayor a 1%. La curvatura de estas se define con la siguiente expresión:

$$K = L \times A^{-1}$$

Dónde:

K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

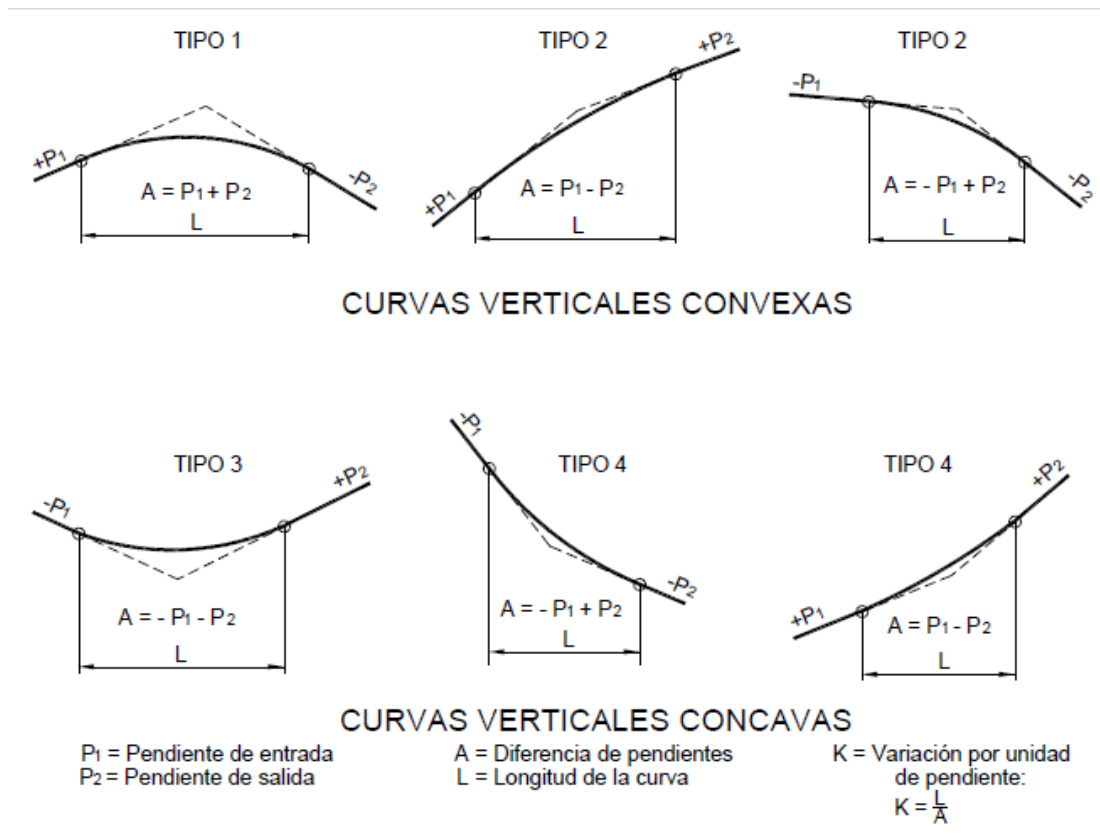


Figura 12 - Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas  
Fuente: MTC - DG-2018

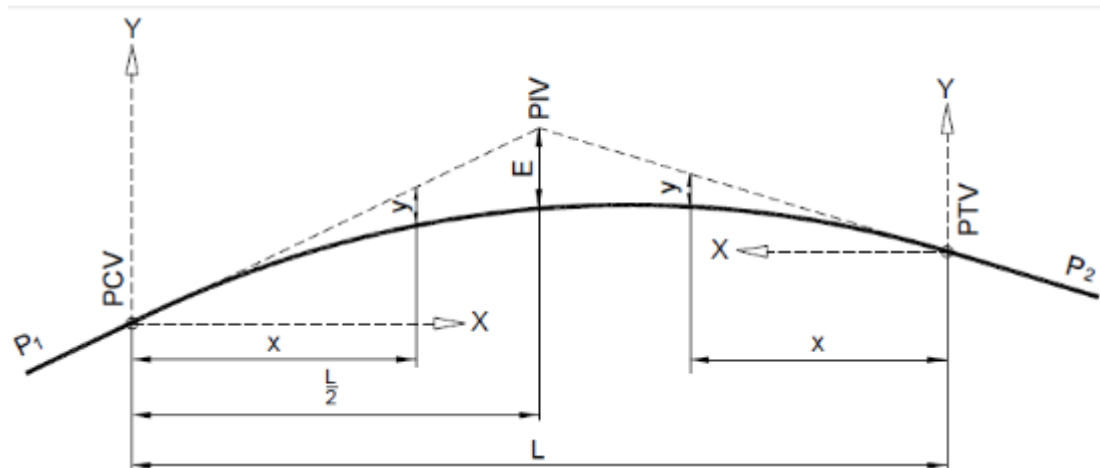


Figura 13 - Elementos de la curva vertical simétrica  
Fuente: MTC - DG-2018

Dónde:

- PCV: Principio de la curva vertical
- PTV: Término de la curva vertical
- PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales

L: Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A: Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$A = |S_1 - S_2|$$

S1: Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S2: Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

X: Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

Y: Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y = \frac{x^2 A}{200L}$$

E: Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = 0.00125 \times AL$$

### Longitud de las curvas convexas

Se establece con las siguientes fórmulas:

a) Distancia de Visibilidad de parada (Dp).

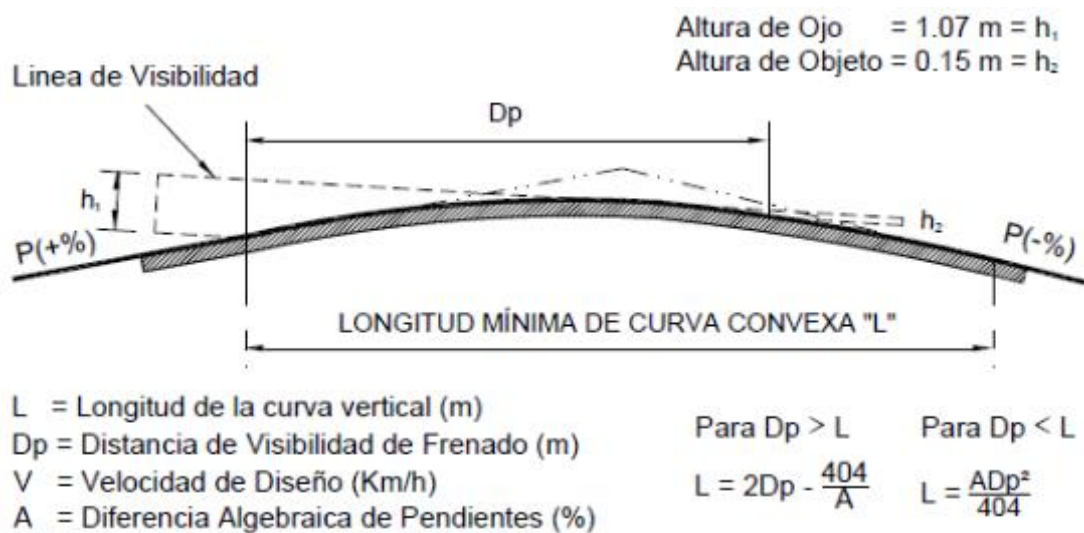


Figura 14 - Longitud mínima de curva vertical convexa - Distancia de visibilidad de parada

Fuente: MTC - DG-2018

b) Distancia de visibilidad de adelantamiento o paso ( $D_a$ ).

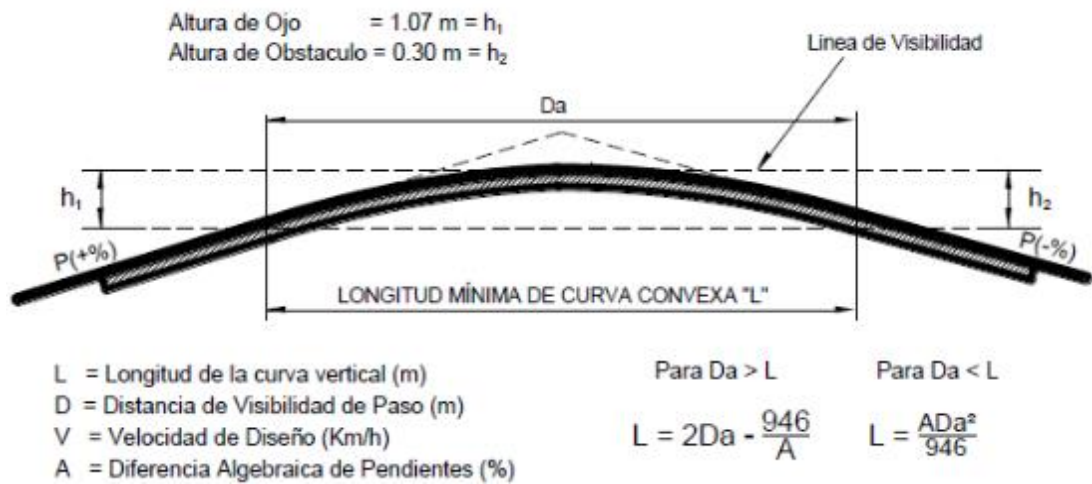


Figura 15 - Longitud mínima de curvas verticales convexas - Distancia de visibilidad de paso

Fuente: MTC - DG-2018

### Longitud de las curvas cóncavas

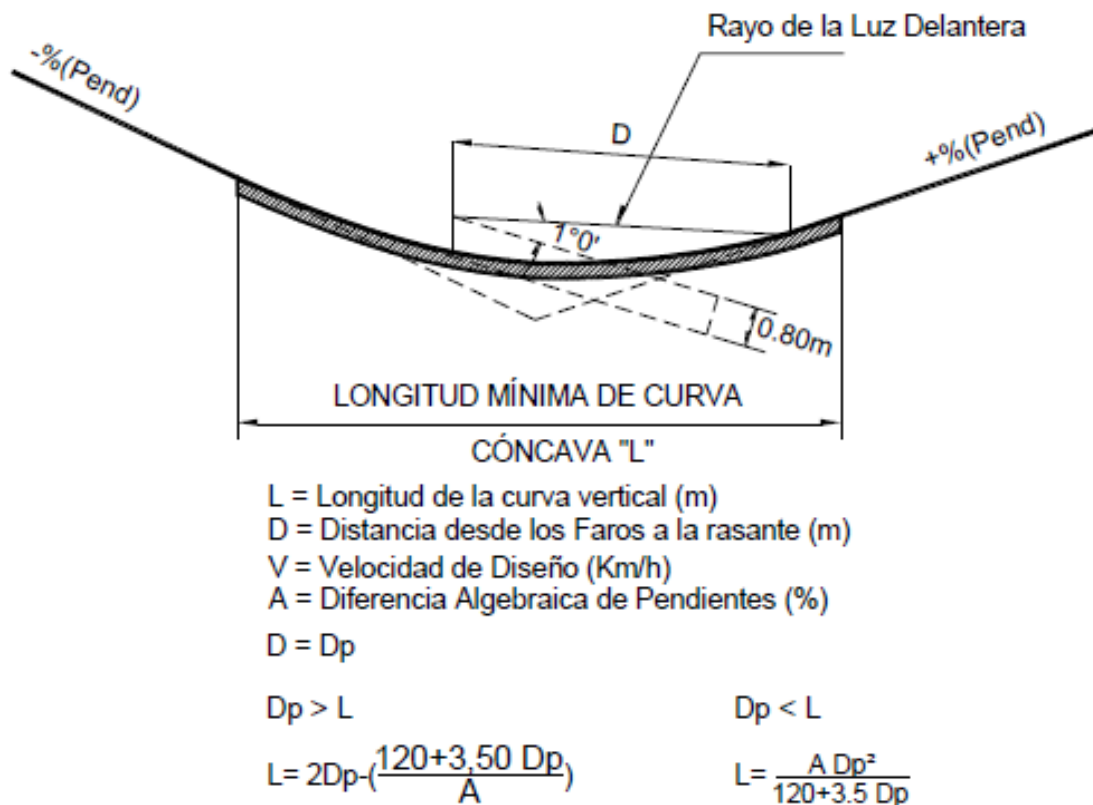


Figura 16 - Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas

Fuente: MTC - DG-2018

Tabla 61 – Resultados del diseño geométrico en perfil

PIV	S1	S2	Tipo de Curva	Curvatura K	Convexa	Cóncava
1	2.92%	-3.47%	Convexas	12.83	82.00	...
2	-3.47%	0.73%	Cóncavas	7.14	...	30.00
3	0.73%	-3.10%	Convexas	12.79	49.00	...
4	-3.10%	8.24%	Cóncavas	4.67	...	53.00
5	8.24%	6.08%	Convexas	13.89	30.00	...
6	6.08%	1.70%	Convexas	13.01	57.00	...
7	1.70%	7.64%	Cóncavas	5.05	...	30.00
8	7.64%	9.88%	Cóncavas	13.39	...	30.00
9	9.88%	7.88%	Convexas	15.00	30.00	...
10	7.88%	1.54%	Convexas	12.93	82.00	...
11	1.54%	9.29%	Cóncavas	4.65	...	36.00
12	9.29%	3.61%	Convexas	12.85	73.00	...
13	3.61%	-4.30%	Convexas	12.90	102.00	...
14	-4.30%	6.65%	Cóncavas	4.47	...	49.00
15	6.65%	1.74%	Convexas	12.83	63.00	...
16	1.74%	-6.61%	Convexas	12.81	107.00	...
17	-6.61%	-5.16%	Cóncavas	20.69	...	30.00
18	-5.16%	2.03%	Cóncavas	4.45	...	32.00
19	2.03%	-5.38%	Convexas	12.82	95.00	...
20	-5.38%	1.32%	Cóncavas	4.48	...	30.00

Fuente: Elaboración Propia.

$$K = L/A$$

Dónde:

K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

### 3.4.8. Diseño geométrico de la sección transversal

#### 3.4.8.1. Generalidades

El diseño geométrico de la sección transversal permite realizar, a un plano de corte perpendicular a la vía, la combinación de los distintos elementos que la componen, que dependen del diseño en planta y en perfil.

#### 3.4.8.2. Calzada

La calzada está compuesta por dos carriles, sin incluir la berma, destinados a la circulación de vehículos en un sentido.

#### Ancho de calzada - tangente

Tabla 62 – Anchos mínimos de calzada en tangente

TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO MÍNIMO
Accidentado (Tipo 3)	30km/h	<b>6.00m</b>

Fuente: MTC - DG-2018 – (Tabla 304.01)

En tramos donde hay existencia de casas cercanas al borde de la calzada se disminuyó el ancho de la sección, quitando la berma y/o reduciendo la calzada hasta 5m. Se respetó una distancia mínima de 1.20 m del borde de casa al borde de calzada.

#### Ancho de tramos - curva

A los anchos en curva se añadió el sobreaño correspondiente.

#### 3.4.8.3. Bermas

Las bermas están ubicadas a los lados de la carretera en su longitud, sirven de confinamiento de la capa de rodadura y protección del pavimento y sus capas inferiores; se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias donde el vehículo se salga de la calzada.

Tabla 63 - Ancho de bermas

TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO MÍNIMO
Accidentado (Tipo 3)	30km/h	<b>0.50m</b>

Fuente: MTC - DG-2018 – (Tabla 304.02)

Tabla 64 - Inclinationes Transversales Míminas de las Bermas

Superficie de Bermas	Inclinación
Pavimento o Tratamiento	4%
Grava o Afirmado	4% - 6%
Césped	8%

Fuente: MTC - DG-2018 – (Imagen 304.03)

La superficie de las bermas será de pavimento por lo cual se tomó la inclinación de **4%**.

- En tramos rectos, las bermas mantendrán su inclinación.
- En las curvas, las bermas tomarán la inclinación del peralte solo cuando este supere la inclinación de las bermas.

En caso de corte para la berma superior al peralte, la inclinación es contraria a esta.

#### 3.4.8.4. Bombeo

En tramos en tangente, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona como indica la tabla.

Tabla 65 - Valores del bombeo de la calzada (%)

Tipo de Superficie	Precipitación	
	< 500mm/año	> 500mm/año
Pavimento Asfáltico	2.0	2.5
Tratamiento Superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Fuente: MTC - DG-2018 – (Tabla 304.03)

Por el tipo de superficie y la precipitación del lugar se utilizará un bombeo de **2.5%** y se dará como se indica a continuación.

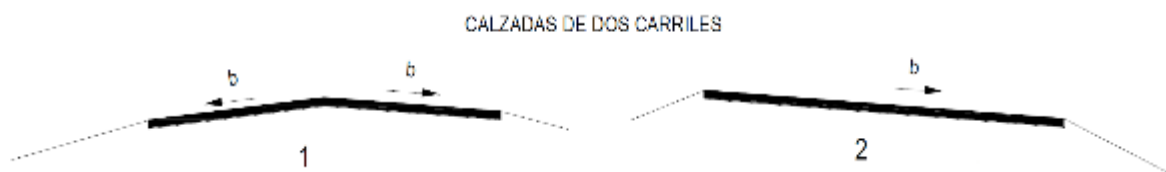


Figura 17 - Casos de bombeo

Fuente: MTC - DG-2018 – (Figura 304.04)

#### 3.4.8.5. Peralte

El vehículo al estar en movimiento en una curva genera una fuerza centrífuga que trata de empujarlo, para evitar este efecto es necesario peraltar las curvas. Los peraltes máximos y mínimos se indican en la tabla siguiente

Tabla 66 - Valores de peralte máximo y mínimo

Zona Rural	Peralte Máximo Absoluto	Peralte Mínimo
Tipo 1, 2 y 3	8.0%	2.0%
Tipo 3 y 4	12.0%	

Fuente: DG-2018 – MTC (Tabla 304.05)

#### **Transición del bombeo al peralte**

La transición se realiza gradualmente en la longitud de espiral en curvas con espiral; y proporcionalmente entre la tangente y la curva de las curvas circulares, según la tabla 23.

Tabla 67 - Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente

$p < 4,5\%$	$4,5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0,5 p	0,7 p	0,8 p

Fuente: DG-2018 – MTC (Tabla 304.05)

#### 3.4.8.6. Taludes

El talud considerado en corte es de **2:1 (V: H)** definido de la siguiente tabla.

Tabla 68 - Valores referenciales para taludes en corte (V: H)

Clasificación de Materiales de Corte		Material		
		Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	< 5m	<b>1:1 – 3:1</b>	1:1	1:2
	5m - 10m	1:1	1:1	

Fuente: DG-2018 – MTC (Tabla 304.10)

El talud considerado en relleno es de **1.5:1 (V: H)** definido de la siguiente tabla



Tabla 69 - Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Clasificación de Materiales de Relleno		Material		
		Grava, limo arenoso y arcilla	Arena	Enrocado
Altura	< 5m	<b>1:1.5</b>	1:2	1:1
	5m - 10m	1:1.75	1:2.25	1:1.25
	> 10m	1:2	1:2.5	1:1.5

Fuente: DG-2018 – MTC (Tabla 304.11)

#### 3.4.8.7. Cunetas

Las cunetas serán de sección triangular hechas de concreto simple. Sus dimensiones fueron definidas en el estudio hidrológico y diseño de obras de arte.

### SECCIONES TÍPICAS

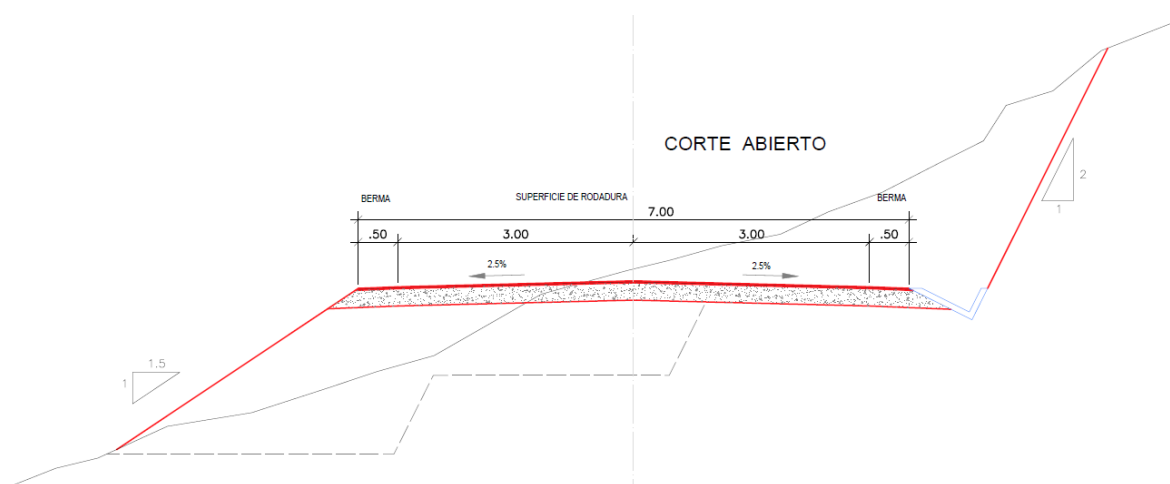


Figura 18 – Sección Tipo  
Fuente: Elaboración propia

### 3.4.9. Resumen del diseño:

Tabla 70 – Resultados del Diseño Geométrico en Planta

PARÁMETROS	TRAMO
CLASIFICACIÓN POR DEMANDA	Tercera Clase
CLASIFICACIÓN POR OROGRAFÍA	Accidentado - Tipo 3
VELOCIDAD DE DISEÑO	30km/h
RADIO MÍNIMO	25m
RADIO CURVA DE VOLTEO	15m
LONGITUD DE ESPIRAL	30m
PENDIENTE MÍNIMA	0.5%
PENDIENTE MÁXIMA	10%
ANCHO DE CALZADA	6.00m
BOMBEO	2.5%
ANCHO DE BERMAS	0.50m
INCLINACIÓN DE BERMAS	4%
PERALTE MÁXIMO	12%
PERALTE MÍNIMA	2%
TALUD DE CORTE (V:H)	2:1
TALUD DE RELLENO (V:H)	1.5:1
CUNETAS	0.40mx1.00m

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4.10. Diseño de pavimento

#### 3.4.10.1. Generalidades

En esta parte se determina la estructura del pavimento en base al CBR del suelo y el tráfico del tramo en Ejes Equivalentes (EE).

#### 3.4.10.2. Datos del CBR

Las categorías de la Subrasante están definidas de la siguiente tabla.

Tabla 71 - Categorías de Sub Rasante

CATEGORÍAS	CBR
S0: Sub Rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub Rasante Insuficiente	De CBR $\geq$ 3% A CBR < 6%
S2: Sub Rasante Regular	De CBR $\geq$ 6% A CBR < 10%
S3: Sub Rasante Buena	De CBR $\geq$ 10% A CBR < 20%
S4: Sub Rasante Muy Buena	De CBR $\geq$ 20% A CBR < 30%
S5: Sub Rasante Excelente	CBR $\geq$ 30%

Fuente: MTC -Sección Suelos y Pavimentos

El estudio de suelos determino los siguientes datos de CBR.

Tabla 72 - CBR de la vía

CBR	Und	C-08	C-11	C-14
CBR al 95 %	%	14.81	17.03	26.58

Fuente: Estudio de Suelos

El CBR de diseño es de 14.81%, esta sub rasante es apreciada como buena según tabla 71, con CBR entre 10% y 20%.

### 3.4.10.3. Datos del estudio de tráfico

El proyecto se elabora con una vida útil de 10 años y los ejes equivalentes (EE) serán proyectados para este tiempo. Los EE proyectados son 172 317.

Se determinó un porcentaje del total de los ejes equivalentes como el tránsito de diseño. Tomamos como factor de distribución direccional el 50% y como factor de distribución de carril el 100%.

Tabla 73 – Resultados del Diseño Geométrico en Planta

EE	Factor Direccional	Factor Carril	EE DE DISEÑO
172 317	0.50	1.00	86 158

Según la tabla 30 se puede clasificar el tipo de tráfico con el número de EE de Diseño.

Tabla 74 - Tipos De Tráfico Pesado Expresado En EE

TIPOS	RANGOS
TP0	> 75 000 EE ≤ 150 000 EE
TP1	> 150 000 EE ≤ 300 000 EE
TP2	> 300 000 EE ≤ 500 000 EE
TP3	> 500 000 EE ≤ 750 000 EE
TP4	> 750 000 EE ≤ 1 000 000 EE

Fuente: Sección Suelos y Pavimentos – MTC (Cuadro12.1)

Para el proyecto se clasifica el tráfico como TP0

#### 3.4.10.4. Espesor del pavimento

Según la siguiente tabla se utilizo la capa superficial adecuada.

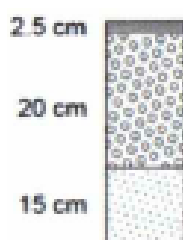
Tabla 75 - Tipos de Capa Superficial

CAPA SUPERFICIAL	LIMITACIONES DE TRÁNSITO Y GEOMETRÍA VIAL PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CAPA SUPERFICIAL		
	TRÁFICO EN EE	PENDIENTE MÁXIMA	CURVATURA HORIZONTAL
Carpeta Asfáltica en Caliente	Sin Restricción	Sin Restricción	Sin Restricción
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	$\leq 1'000,000$ EE	Sin Restricción	Sin Restricción
Micropavimento 25 mm	$\leq 1'000,000$ EE	Sin Restricción	Sin Restricción
Tratamiento Superficial Bicapa.	$\leq 500,000$ EE	No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%	No Aplica en tramos con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	$\leq 500,000$ EE	No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%	No Aplica en tramos que obliguen al frenado de vehículos

Fuente: Sección Suelos y Pavimentos – MTC

Para este proyecto se aplicará en su superficie micropavimento de 25mm.

Según anexo 9, con TP0 y CBR 10%-20%, se utilizara los siguientes espesores:



### 3.4.11. Señalización

#### 3.4.11.1. Generalidades

Las señales son utilizadas para regular el tránsito y prevenir cualquier peligro en la circulación vehicular. Además de comunicar al conductor las direcciones, rutas, destinos, entre otros, así como la geometría de las carreteras. La señalización se efectuará en verticales y horizontal.

#### 3.4.11.2. Requisitos

Las señales corresponden a las siguientes exigencias para su óptima utilización:

- a. Colocación en el lugar necesario y ubicado apropiado.
- b. Simple, claro y preciso.
- c. Uniformidad.
- d. Visible y entendible para los conductores.

#### 3.4.11.3. Señales verticales



Figura 19 – Tipos de Señales Verticales

Fuente: Wikipedia

Son elementos situados en los bandos de la carretera que norman, comunican y advierten a los conductores sobre las características de la vía y a su alrededor. Según su función tenemos:

- Señales de Reglamentación
- Señales de Prevención
- Señales de Información

## Señales de Reglamentación

Advierten de la velocidad máxima y zonas de estacionamiento, pases peatonales, etc.

### (R-30) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA



Figura 20 – Señal de Velocidad de 30Km/h

Fuente: Elaboración propia

## Señales de Prevención

Indican la geometría de la vía. Estas son colocadas de manera que el conductor reaccione.

Tabla 76 -Señales de Prevención Utilizadas

<p>a. POR CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS HORIZONTALES</p>	<div data-bbox="778 1010 1246 1178">A yellow diamond-shaped sign with a black arrow curving to the right.</div> <div data-bbox="1078 1010 1246 1178">A yellow diamond-shaped sign with a black arrow curving to the left.</div> <div data-bbox="722 1196 1316 1283"><p>SEÑAL CURVA PRONUNCIADA (P-1A) A LA DERECHA y (P-1B) A LA IZQUIERDA.</p></div> <div data-bbox="791 1301 956 1464">A yellow diamond-shaped sign with a black arrow curving to the right.</div> <div data-bbox="1078 1301 1246 1464">A yellow diamond-shaped sign with a black arrow curving to the left.</div> <div data-bbox="751 1482 1297 1570"><p>SEÑAL CURVA (P-2A) A LA DERECHA y (P-2B) A LA IZQUIERDA.</p></div> <div data-bbox="807 1588 975 1751">A yellow diamond-shaped sign with a black arrow curving to the right, then a second arrow curving to the left.</div> <div data-bbox="1126 1588 1294 1751">A yellow diamond-shaped sign with a black arrow curving to the left, then a second arrow curving to the right.</div> <div data-bbox="746 1771 1300 1910"><p>SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA (P-3A) A LA DERECHA y (P-3B) A LA IZQUIERDA.</p></div>
--	---

	 <p>SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA (P-4A) A LA DERECHA y (P-4B) A LA IZQUIERDA</p>  <p>SEÑAL CAMINO SINUOSO (P-5-1) A LA DERECHA y (P-5-1A) A LA IZQUIERDA</p>  <p>SEÑAL CURVA EN "U" (P-5-2A) A LA DERECHA y (P-5-2B) A LA IZQUIERDA</p>
b. POR CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DE RODADURA	 <p>(P-34A) SEÑAL UBICACIÓN DE BADÉN</p>

Fuente: MTC - Manual de Dispositivos de Control del Tránsito

### Señales de información

En estas señales se colocarán los nombres de centros poblados, ríos, puentes; etc.

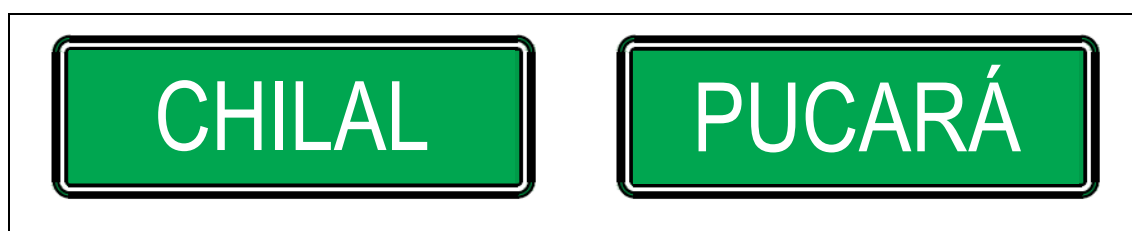


Figura 21 – Señales Informativas

Fuente: Elaboración propia



#### 3.4.11.4. Características:

Tabla 77 – Características de las señales

SEÑALES	FORMA	COLOR		
		FONDO	LETRAS, SIMBOLOS Y ORLA	CIRCULO Y DIAGONAL
REGLAMENTACION	RECTANGULAR	BLANCO	NEGRO	ROJO
PREVENCION	ROMBO	AMARILLO	NEGRO	
INFORMACION	RECTANCULAR	VERDE	BLANCO	

Fuente: Manual de dispositivos de control del tránsito – MTC

#### **Ubicación:**

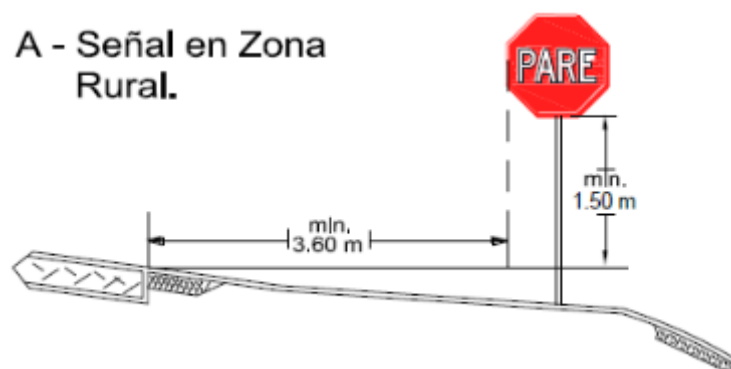


Figura 22 – Ubicación de las señales en zona Rural

Fuente: Manual de dispositivos de control del tránsito – MTC

La orientación será ligeramente mayor a 90° con el eje de la calzada.

#### **Visibilidad y retrorreflexión**

La visibilidad de las señales deberá contar con una retrorreflexión correcta durante todo el tiempo de vida útil de la carretera. Las señales deben ser de material retrorreflectante,

#### **Soporte**

Los postes serán redondos o cuadrados de acero y serán pintados en forma alternada en franjas horizontales blancas y negras, con un ancho de **50cm**. Para las señales informativas los soportes se pintarán de color gris.

#### 3.4.11.5. Hitos kilométricos

Se colocarán a cada kilómetro incluso al inicio en el km 0.

#### 3.4.11.6. Señalización horizontal

Para complementar las señales verticales se colocará una líneas longitudinales y transversales, aplicadas sobre el pavimento.

#### **Color**

- a. Blanco: En bordes de calzada, demarcaciones transversales.
- b. Amarillo: En la división de carriles en sentidos opuestos.

#### **Significado y ancho**

- Línea doble continua: Prohibición máxima de paso al otro carril.
- Línea continua: Prohibición de paso al otro carril.
- Línea segmentada: Permite el paso a otro carril, se adoptó un largo de 4.5m.
- Brecha: Espaciamiento entre líneas segmentadas y punteadas.  
Se adoptó un largo de 7.5m.

El ancho de las líneas será de 10cm.

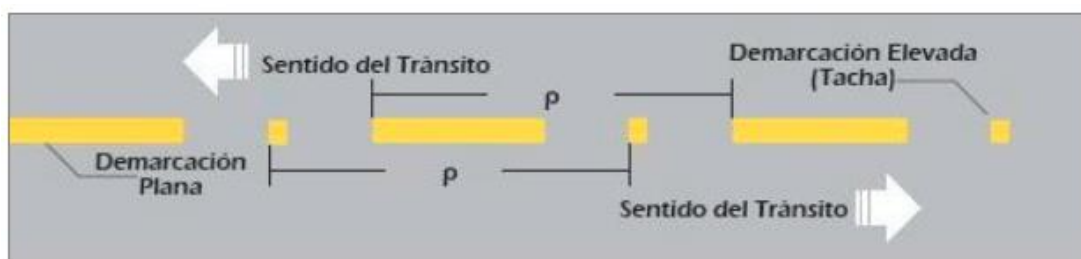


Figura 23 – Ilustración de señales horizontales

Fuente: Manual de dispositivos de control del tránsito – MTC

La señalización horizontal se clasifica en dos tipos, que son:

- a. Marcas planas
- b. Marcas elevadas

## Marcas planas

### a. Línea de borde de calzada

Se pintará esta línea para indicar el límite del carril y además comunicar el lugar donde estacionarse en caso de emergencia. Se debe reforzar con tachas y en curvas se completará con delineadores elevados.

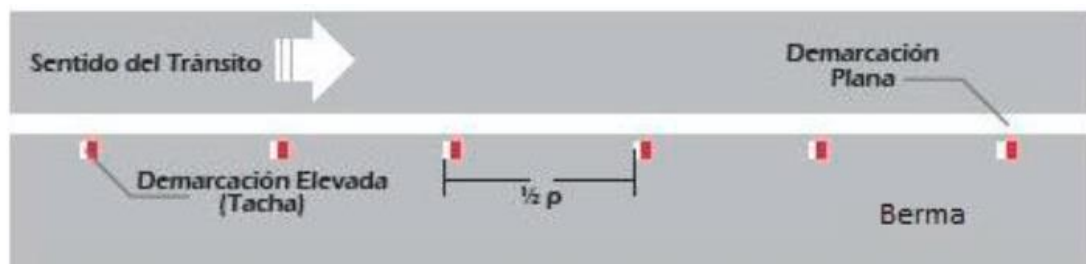


Figura 24 – Línea de borde de calzado

Fuente: Manual de dispositivos de control del tránsito – MTC

### b. Línea central

Se pintará esta línea en la parte central de la calzada, continuo si se prohíbe el paso y segmentada si el paso está permitido. Se colocará también las tachas respectivas.

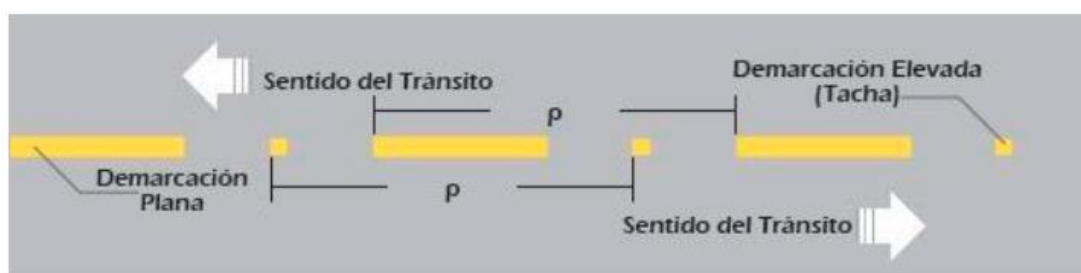


Figura 25 – Línea Central

Fuente: Manual de dispositivos de control del tránsito – MTC

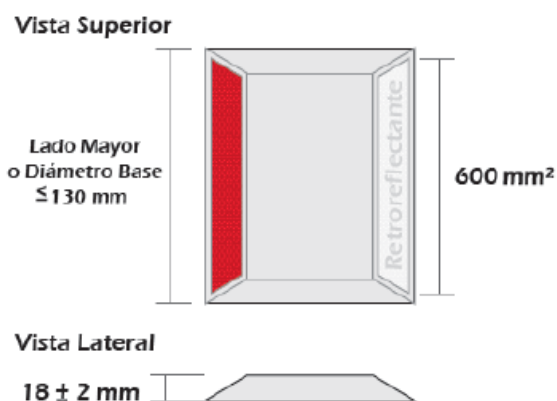
## Marcas elevadas

### a. Delineadores de piso

Los delineadores serán de material retrorreflectivo para sus dos caras y se colocarán a 50mm de la línea de borde de calzada.

Figura 26 – Delineador de Piso

Fuente: Manual de dispositivos de control del tránsito – MTC



b. Delineadores elevados

Está conformado por un conjunto de señales tipo “CHEVRON”, colocados al lado exterior de la curva a una distancia de 0.50m – 1.50m de la berma, colocado en forma perpendicular al eje de la vía.

Tabla 78 - Espaciamiento para Delineadores Elevados

<b>Radio de la curva horizontal (m)</b>	<b>Espaciamiento (m)</b>
15	5
50	10
75	12
100	15
150	20
200	22
250	24
300	27

Fuente: Manual de dispositivos de control del tránsito – MTC



Figura 27 – Señal CHEVRON

Fuente: Elaboración propia

En el apartado de anexo se presenta un cuadro resumen de todas las señales a utilizar en el proyecto.

### **3.5. Estudio de impacto ambiental**

#### **3.5.1. Generalidades**

Para el desarrollo del estudio de impacto ambiental se incorporó reglas y juicios ambientales, que definió una habilidad fundada en el cuidado del medio ambiente, impidiendo la pérdida de recursos naturales, los cuales proveen el desarrollo económico de la zona.

#### **3.5.2. Objetivos**

- Determinar la factibilidad del proyecto para su ejecución.
- Identificar los impactos positivos y negativos del desarrollo del proyecto.
- Planear y efectuar medidas de mitigación para los diferentes negativos derivados en el medio ambiente por la construcción del proyecto.

#### **3.5.3. Legislación y normas**

##### 3.5.3.1. Constitución política del Perú

##### **Art. 66: Recursos Naturales**

Todo recurso natural renovable o no renovable es patrimonio del Perú.

##### **Art. 67: Política Ambiental**

El estado debe suscitar el uso sostenible de los recursos naturales.

##### **Art. 68: Conservación de la diversidad biológica y áreas naturales protegidas**

El Estado esta obliga a conservar los recursos naturales y las áreas protegidas.

##### 3.5.3.2. Código del medio ambiente y de los recursos naturales (D.L. N°613)

##### **Art. 1: Derecho a gozar de un medio ambiente saludable y equilibrado**

El proyecto debe perturbar en lo más mínimo el medio ambiente para que las personas puedan vivir y gozar una buena calidad de vida.

##### **Art. 6: Participación ciudadana**

La participación ciudadana en la política ambiental.

##### **Art. 14: Prohibición de descargar sustancias contaminantes**

La descarga de sustancias que pueden contaminar el medio ambiente está prohibida.

### 3.5.4. Infraestructuras de servicio

Los pobladores de los caseríos Chilal, El Progreso y Pucará no cuentan con ninguna de estas infraestructuras, el centro educativo y el puesto de salud más cercano se encuentran en el caserío de la Muyupana

#### Descripción del Proyecto:

El estudio de impacto ambiental se realiza para impedir la pérdida de recursos naturales y a cuidar el medio ambiente durante y después de la construcción, los cuales proveen el desarrollo económico de la zona.

### 3.5.5. Diagnóstico ambiental

#### 3.5.5.1. Medio físico

- **Clima:** El clima es templado, con una temperatura media de 16.3°C. Con una precipitación promedio de 1155mm, los valores más altos se presentan entre los meses de enero a abril.
- **Suelos:** El suelo está conformado por una arena arcillosa (SC).

#### 3.5.5.2. Medio biótico

- **Flora:** El distrito de Pulan tiene la agricultura como actividad principal.
- **Fauna:** La fauna existente es la silvestre en su mayoría, también con pobladores con las crías de reses, ovinas y domésticas.

#### 3.5.5.3. Medio socioeconómico y cultural

- **Población:** La entidad beneficiaria total es la rural de 1000 habitantes, con crecimiento a una tasa anual de 1.20%.
- **Actividades económicas:** La agricultura y la ganadería.

### 3.5.6. Área de influencia

#### 3.5.6.1. Área de influencia directa

El área de influencia indirecta se determinó como una franja de 200 m a cada lado de la carretera en estudio.

#### 3.5.6.2. Área de influencia indirecta

El área de influencia indirecta se definió a los lugares que son afectados con esta carretera los cuales son los caseríos de Chilal y Pucara además de sus alrededores y entornos, también beneficiara al distrito de Pulan.

### 3.5.7. Evaluación de impacto ambiental en el proyecto

#### 3.5.7.1. Matriz de impactos ambientales

Esta matriz evaluara los beneficios o perjuicios que ocasionara la construcción de esta carretera. Esta matriz es de doble entrada.

#### 3.5.7.2. Magnitud de los impactos

La medición de los impactos se dará de la siguiente manera.

#### **SIMBOLOGÍA:**








	Impacto Positivo Alto
	Impacto Positivo Moderado
	Impacto Positivo Ligero
	Componente Ambiental no Alterado
	Impacto Negativo Ligero
	Impacto Negativo Moderado
	Impacto Negativo Alto

Tabla 79 - Matriz causa – efecto de impacto ambiental

SIMBOLOGÍA :			Actividades																
			Limpieza y Desbroce	Movimiento de Tierras	Transporte de materiales	Material para base	Campamento de Obra y patio de maquinas	Disposicion de materiales excedentes	Alcantarillas	Mejor fluidez de tránsito de vehículos motorizados	Aumento ligero de la actividad turística	Actividades de mantenimiento de la carretera	Mejoras en las relaciones comerciales regionales	Generación de empleo	Espacios de canchas y botaderos	Mejoras en la calidad de vida de los pobladores	Sub total	Total	
FACTORES AMBIENTALES																			
A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	TIERRA	a. Mat. de Construcción						-1						-1		-2	-9		
		b. Suelos	-1	-2			-2				-1			-1		-7			
		c. Geomorfología	1	1				-1						-1		0			
	AGUA	a. Superficiales	-1						1			-1				-1	-2		
		b. Calidad									-1					-1			
	ATMOSFERA	a. Calidad (gases, partículas)	-2	-2	-2					-1							-7	-13	
		b. Ruido	-1	-2	-1					-1		-1					-6		
	PROCESOS	a. Compactación		1	1	3	2								-1		6	8	
		b. Estabilidad	-1	1		2	2								-1		3		
		c. Sismología (terremotos)										-1					-1		
B. CONDICIONES	FLORA	a. Árboles	-1				-2									-1	-4	-9	
		b. Arbustos, Hierbas	-1				-1				-1						-3		
		c. Cultivos	-1												-1		-2		
	FAUNA	a. Aves								-1							-1	-2	
		b. Mamíferos y otros										-1					-1		
	USO DE LA TIERRA	a. Silvicultura	-1				-2		1					2			0	0	
		b. Pasturas	-1						1				1				1		
		c. Agricultura	-1				-2		1				1				-1		
C. FACTORES CULTURALES Y SOCIALES	ESTÉTICO Y AMBIENTAL	a. Vista panorámica	2				1	-1						-1		1	6		
		b. Paisaje urbano-turístico	2			1	1	-1	1		1							5	
	NIVEL SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	a. Estilo de vida								1			2			1	4	34	
		b. Empleo	3	1	1	1	1	1	1		1		2				12		
		c. Industria y comercio	2				1			1	1		2				7		
		d. Agricultura y ganadería	-1			1							1	1			2		
		e. Revaloración del suelo					-1						2				1		
		f. Salud y seguridad							1	-1							0		
		g. Nivel de vida									1		2	2		2	7		
		h. Densidad de población									1						1		
	SERVICIO E INFRAESTRUCTURA	a. Estructuras				1			2	1							4	13	
		b. Red de transportes		1	1					3			1				6		
		c. Red de servicios											1				1		
		d. Elimin. residuos sólidos	1	1					1		-1						2		

Fuente: Elaboración Propia



### **3.5.8. Descripción de los impactos ambientales**

#### **3.5.8.1. Impactos negativos**

##### **PRIMERA ETAPA - CONSTRUCCION:**

- Aumento de inmisión de material particulado y gases

Durante la ejecución del roce y desbroce del área de ensanche, nivelado y conformación de la rasante, carga, descarga y transporte de materiales, explotación de canteras, disposición de materiales excedentes, etc., se generará un incremento de emisión de material particulado y gases contaminantes a lo largo de la vía, los mismos que pueden afectar principalmente a los trabajadores y pobladores de los caseríos de Chilal y Pucara. Este impacto ha sido calificado como de moderada magnitud, pero con posibilidades de aplicación de medidas de atenuación que lo reducirían sustancialmente.

- Riesgo de contaminación de los cursos de agua natural

La desinformación de algunos trabajadores sobre la importancia de la conservación de los recursos naturales puede dar lugar a que éstos viertan residuos de pintura, concreto, asfalto, combustibles, etc., sobre cursos de agua, cunetas y alcantarillas, pudiendo afectar la calidad del agua que fluye por los ríos. Asimismo, este inconveniente se puede agravar en períodos de lluvias, debido a que los contaminantes acumulados en los alrededores pueden ser lavados y trasladados hacia ríos.

De la misma manera, la calidad del agua de los cursos naturales podría verse afectada ante la ocasional limpieza de vehículos, maquinarias y/o equipos, debido a posibles pérdidas de aceites y grasas que estas contienen. Del mismo modo, existe la posibilidad que, durante el proceso de extracción de agua, necesaria para el proceso constructivo de la obra, se aumente la turbiedad del recurso a derivación de la remoción del material, ensanche del cauce, entrada de camiones cisternas. Este impacto ha sido calificado como de moderada magnitud, pero con posibilidades de aplicación de medidas preventivas.

- Alteración ambiental por inadecuada disposición de materiales excedentes

Todos los materiales excedentes resultantes de los trabajos de rehabilitación y mejoramiento de la vía, pueden producir desequilibrios al ambiente, si no se ubican de

manera adecuada en los establecimientos de materiales exuberantes. Es frecuente que en trabajos de mejoramiento de carreteras se sitúe el material sobreabundante a los costados de la carretera, los propios que pueden obstruir las cunetas en épocas de fuertes precipitaciones y ser llevado a otras partes, generar polvo en períodos de escasa precipitación, cerrar vías de acceso, ocasionar accidentes, entre otros. Este impacto ha sido calificado como de moderada magnitud, pero con posibilidades de aplicación de medidas preventivas.

- Riesgo de contaminación de los suelos

Existe la posibilidad que, durante el funcionamiento de los campamentos, patio de maquinarias, planta de chancado y planta de asfalto, se contaminen los suelos por derrames accidentales de cemento, grasa, combustible, asfalto o por inadecuada disposición final de los residuos sólidos generados en estas instalaciones. De la misma manera, durante el empleo de concreto en las diferentes obras de arte pueden ocurrir derrames accidentales que afecten los suelos. De ocurrir dichos derrames, estos serán sin embargo solo puntuales, permitiendo su rápido control. Por tal motivo, este impacto ha sido calificado como de pequeña magnitud y con posibilidades de prevención y/o mitigación.

- Alteración puntual del relieve del área

Este impacto está referente básicamente a las alteraciones que se originarán en el relieve del área del proyecto por los movimientos de tierra en la extracción del material de la cantera. Por tales consideraciones, este impacto ha sido calificado como de moderada magnitud, pero con posibilidad de aplicación de medidas de mitigación y corrección.

- Alteración de la calidad del paisaje local

La calidad del paisaje podría verse afectada por la extracción de materiales de las canteras, en caso se realicen movimientos de tierra excesivos, que generen depresiones o montículos de tierra, y por la disposición de materiales excedentes en los depósitos asignados para este efecto, en caso de producirse disposición inadecuada de dichos materiales.

La obra proyectada es considerada como pequeña (10Km. de longitud), la cual no implica grandes movimientos de tierras, y no generará mucho material de cantera, se

estima que la variación del panorama será la mínima y posible de aplicar medidas de mitigación y corrección.

- Afectación de la cobertura vegetal

Este impacto está referido a la alteración de las áreas secundarias del proyecto, por las labores de limpieza y desbroce del terreno; considerando que la plataforma de la carretera en varios tramos demanda ampliación, es allí donde se provocará afectación a la vegetación; sin embargo, se estima que será mínima. También se estima la afectación en las áreas de canteras y depósitos de material excedente, estos serán puntuales y de fácil recuperación, mediante la aplicación de medidas de restauración.

Las áreas son pequeñas, por lo tal se estima que la afectación también será pequeña.

- Perturbación de la fauna local

Es dable se muestre por los sonidos de la maquinaria durante su funcionamiento, sin embargo, no será de mayor cuidado, pues se trata de zonas donde la fauna está acostumbrada a la presencia y desarrollo de las actividades humanas.

- Interrupción al tránsito de vehículos

Se verá suspendido el tránsito normal a resultado del movimiento de maquinarias y equipos, excavaciones, movimiento de tierras, mayor presencia de trabajadores, etc. Este proceso se dará a lo largo la carretera. Este impacto ha sido calificado como de moderada magnitud, pero con posibilidades de mitigación.

- Riesgo de accidentes

La mayor presencia de vehículos, máquinas, trabajadores y transeúntes, podría incrementar el riesgo de accidentes. Este impacto ha sido calificado como de moderada magnitud, pero con posibilidades de aplicación de medidas preventivas.

## **SEGUNDA ETAPA - OPERACIÓN:**

- Riesgos de accidentes

La construcción de una carretera mejorada provocara el aumento en velocidades de los vehículos lo cual podría ocasionar accidentes. Este impacto fue definido con una magnitud moderada con un manejo ambiental mitigable.

- Posible expansión urbana no planificada

Terminada la construcción los pobladores pueden aprovechar las mejores condiciones viales y aumentar el desarrollo urbano de forma irregular, al inicio y final de la carretera (caseríos de Chilal y Pucara). Además, se prevé que también ocuparan la franja de derecho de vía la cual es un gran problema en la actualidad.

Tabla 80 -Resumen de impactos ambientales negativos

Componentes ambientales	Impactos ambientales potenciales		
	Impactos	Magnitud	Manejo Ambiental

PRIEMRA ETAPA - CONSTRUCCIÓN			
<b>Aire</b>	Aumento de inmisión de material particulado y gases	Moderada	Mitigable
<b>Agua</b>	Riesgo de contaminación de los cursos de agua natural	Moderada	Prevenible
<b>Suelo</b>	Alteración ambiental por inadecuada disposición de materiales excedentes	Moderada	Prevenible
<b>Suelo</b>	Riesgo de contaminación de los suelos	Pequeña	Prevenible
<b>Relieve</b>	Alteración puntual del relieve del área	Moderada	Mitigable
<b>Paisaje</b>	Alteración de la calidad del paisaje local	Pequeña	Mitigable
<b>Vegetación</b>	Afectación de la cobertura vegetal	Pequeña	Mitigable
<b>Fauna</b>	Perturbación de la fauna local	Pequeña	Mitigable
<b>Transitabilidad</b>	Interrupción al tránsito de vehículos	Moderada	Mitigable
<b>Seguridad vial</b>	Riesgo de accidentes	Moderada	Mitigable

SEGUNDA ETAPA - OPERACIÓN			
<b>Seguridad vial</b>	Riesgos de accidentes	Moderada	Mitigable
<b>Población</b>	Posible expansión urbana no planificada	Moderado	Prevenible

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.8.2. Impactos ambientales positivos

#### **PRIMERA ETAPA - CONSTRUCCION:**

- Mejora en la dinámica comercial de la zona

La ejecución de la carretera originara el incremento de comercio en la zona por la presencia de trabajadores. La gente de la zona ira a vender sus productos al campamento como también a las zonas de trabajo y esto generara un incremento económico comercial y económico en la zona, este impacto tiene una magnitud moderada.

- Generación de Empleo

La construcción de esta carretera también aumentara la demanda de personal obrero, sin experiencia. Al contratar la mano de obra local beneficiaremos a la población incrementando los ingresos familiares, mejorando su economía y su calidad de vida . Este impacto tiene una magnitud moderada.

#### **SEGUNDA ETAPA - OPERACION:**

- Mejora de transporte

El mejoramiento de la carretera permitirá brindar a los usuarios un mejor servicio en el transporte terrestre, disminuyendo los costos y tiempos de viaje, facilitando la comercialización de productos a nivel local. Por tal motivo, este impacto es calificado como de alta magnitud.

- Dinamización de la economía local

Durante la etapa de funcionamiento del tramo vial rehabilitado y mejorado, se mejorarán las condiciones para la dinámica poblacional e intercambio comercial. Este impacto ha sido calificado como de alta magnitud.

- Disminución de la emisión de material particulado

El funcionamiento del tramo vial mejorado a nivel de micropavimento, permitirá reducir en forma notable la emisión de material particulado a lo largo de la vía por la circulación de los vehículos, en relación a lo que se emite en las condiciones actuales, mejorando la calidad del aire de las áreas aledañas a la vía y, consecuentemente, reduciendo los efectos negativos en la cobertura vegetal natural, plantaciones agrícolas

y bienestar y salud de la población. Este impacto ha sido calificado como de alta magnitud.

Tabla 81 - Resumen de impactos ambientales positivos

<b>Componentes ambientales</b>	<b>Impactos ambientales potenciales</b>		
	<b>Impactos</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Manejo Ambiental</b>

<b>ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</b>			
<b>Economía Local</b>	Mejora en la dinámica comercial de la zona	Moderada	---
<b>Empleo</b>	Generación de Empleo	Moderada	---

<b>ETAPA DE OPERACIÓN</b>			
<b>Transporte</b>	Mejora de transporte	Alta	---
<b>Economía local</b>	Dinamización de la economía local	Alta	---
<b>Calidad del aire</b>	Disminución de la emisión de material particulado	Alta	---
<b>Salud de la población local</b>	Disminución de la emisión de material particulado	Alta	---
<b>Vegetación</b>	Disminución de la emisión de material particulado	Alta	---

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.9. Plan de Manejo Ambiental

En la evaluación del impacto ambiental del proyecto se encontró que la ejecución ocasionara impactos directos e indirectos, positivos y negativos.

Los impactos positivos más resaltantes corresponden a la segunda etapa (operación) y los impactos negativos en la primera etapa (construcción); los impactos negativos se producen en las operaciones de desbroce y limpieza, movimientos de tierra, extracción de materiales de cantera y acumulación del material excedente en botaderos alterando recursos del aire, suelo, flora, relieve y paisaje.

Se aplicaran medidas preventivas, correctivas y de mitigación, para prevenir los impactos negativos que se generaran en la construcción y operación de la carretera y esta se relacione en armonía con el ambiente.

## **Medidas de mitigación:**

### Aumento de niveles de emisión de partículas

Para la emisión de material particulado

Durante la primera etapa (construcción de la vía) se formarán emisiones de material particulado en los trabajos elaborados y en las canteras y botaderos, también en el transporte de estos lugares. Para disminuir los impactos se tomarán las siguientes medidas:

- Se regará con agua la cantera, los accesos y la carretera en construcción para impedir la generación de polvo. Se utilizará un camión cisterna para regar las superficies diariamente.
- Los trabajadores deberán contar con el equipo de protección personal correspondiente.
- El movimiento del material de la cantera a obra y el movimiento de tierras de las excavaciones y corte deberá humedecerse y envolver con un toldo húmedo.

Para la emisión de gases en fuentes móviles

- Para evitar las emisiones de gases se deberá dar mantenimiento periódico a los vehículos y equipos utilizados.

### Incrementos de niveles sonoros

- No se permitirá el uso de objetos con fuentes de ruido. Se utilizarán sirenas en caso de emergencia.
- Todo vehículo deberá contar con silenciadores en el tubo de escape.

### Alteración de la calidad del agua

Las medidas preventivas a acoger serán las siguientes:

- No derramar materiales en los ríos y quebradas que se encuentran a lo largo de la carretera.
- Perpetrar una vigilancia estricta a las operaciones de manutención (cambio de aceite), lavado de maquinaria y abastecimiento de combustible, estos se realizarán solamente en el patio de máquinas.

- Se construirá un Tanque Séptico y Pozo de Percolación para la disposición final de las aguas servidas, su ubicación estará en un área no cercana al campamento.

#### Alteración de la calidad del suelo

- Los aceites y lubricantes usados, así como las basuras de la limpieza y mantenimiento de los talleres deberán ser acopiados en depósitos cerrados correctamente, para su traslación.
- El material sobreabundante de las excavaciones se retirará de forma inmediata de los lugares donde se está laborando.
- Las obras provisionales deben tener recipientes apropiados para la disposición de residuos sólidos (basureros).
- Se debe restaurar el área que se utilizó para el campamento y patio de máquinas inmediatamente de terminar la ejecución de la obra.

#### Alteración directa de la vegetación

- Evitar cortes o movimientos excesivos de vegetación en el desarrollo de la Limpieza y el desbroce de la carretera y también en las canteras cuando se realice la extracción.
- Evitar cortes mayores de vegetación durante la preparación de los botaderos.
- Retirar escrupulosamente la capa orgánica del suelo, resguardarlo para luego colocarlo en la etapa de abandono.
- Al término de la construcción de la carretera, las áreas del campamento y patio de máquinas serán restauradas con la vegetación de la zona.

#### Alteración de la fauna

- Prohibir la caza clandestina
- Reducir los ruidos perjudiciales
- Colocar señales preventivas de cruce de animales domésticos o silvestres.



### Riesgos de afectación a la salud pública

- Se debe colocar señalización adecuada en el transcurso del desbroce y limpieza, para controlar el tránsito de los vehículos que pasaran por esta carretera aún en construcción.
- Se debe realizar un mantenimiento a la carretera cada cierto tiempo igual que a las señales.

### Mano de obra

- Se contratará la mano de obra no calificada de la zona, esto proporcionaría empleo para los pobladores de forma diaria.

### **3.5.10. Programa de control y seguimiento**

Este programa controla y da seguimiento a la conservación del medio ambiente con la ejecución de la obra y después de esta. Se realizarán operaciones para vigilar las actividades de la obra en el transcurso y al finalizar.

#### ➤ Etapas de Construcción

- Se colocará el campamento y patio de máquinas en lugares donde no se afecte al medio ambiente.
- Se realizará el movimiento de tierras sin afectar a la vegetación y fauna del medio ambiente ni a los obreros.
- Los materiales nocivos y dañinos serán depositados en recipientes especiales.

#### ➤ Etapas de Funcionamiento

Se valorará el funcionamiento adecuado de la carretera, e inspeccionar que efectos más resaltantes existen para minimizarlos.

#### ➤ Etapas de Cierre

Se realizará las labores de abandono correspondientes, se desarmará las obras provisionales y se renovará la zona alterada del medio ambiente.

### **3.5.11. Plan de contingencias**

#### Objetivos:

- ❖ Durante y después de la ocurrencia de catástrofes se ejecutará operaciones de control y rescate
- ❖ De existir daños causados por estos desastres se debe priorizar el arreglo y rehabilitación de las construcciones provisionales.

#### Medidas de contingencia por ocurrencia de sismos

El personal operativo, obrero y administrativo seguirán las siguientes operaciones.

##### **Antes de la ocurrencia del sismo**

- ❖ Las puertas deben abrirse hacia afuera; y estar libre de impedimentos que bloqueen la salida rápida.
- ❖ Se instalará las señales respectivas.
- ❖ Las rutas de evacuación, deben estar limpias.
- ❖ Se capacitará a los trabajadores y pobladores.
- ❖ Deberá instalarse una alarma de sismo en el campamento.
- ❖ Las obras provisionales deben ser verificadas periódicamente.

##### **Durante la ocurrencia del sismo**

- ❖ Se mantendrá la calma y dirigiéndose a las zonas seguras marcadas anteriormente.
- ❖ La obra quedará paralizada.
- ❖ Se evacuará al personal que trabajen cerca a los taludes .

##### **Después de la ocurrencia del sismo**

- ❖ De existir personas heridas se dispondrá de atención médica.
- ❖ Se organizará a los grupos de trabajo dirigiéndose a sus actividades o se informará el fin de trabajo.
- ❖ Se tendrá comunicación mediante radios.
- ❖ Se prohibirá el tránsito de los obreros o personas en la obra de forma descalza.

#### Medidas de contingencia por ocurrencia de incendios

- ❖ Se apagará el incendio de manera inmediata utilizando el adecuado extintor.
- ❖ Si un incendio es producido por gases o líquidos se apagará o cerrará el suministro.
- ❖ Si el incendio es producido de maneta eléctrica, se cortará el suministro eléctrico y se deberá utilizar dióxido de carbono o arena seca en caso inmediato.
- ❖ Los extintores serán situados a la vista de todos.

#### Medidas de contingencias por acciones de operarios

- ❖ Para el soporte y atención ante cualquier accidente se participará con los centros y postas medicas cercas a la obra.
- ❖ Se deberá contar con el botiquín de primeros auxilios.

#### **3.5.12. Plan de abandono**

En esta parte se realizarán las actividades que conlleven a restaurar las áreas ocupadas antes por las obras provisionales.

- Los residuos que genere la desmantelización de las obras provisionales serán colocados en depósitos adecuados para su posterior traslado.
- Se regenerará el área utilizado acorde al ambiente alrededor colocando vegetación y otros.
- Se realizará la última charla sobre la importancia de cuidar y conservar el medio ambiente.
- Los desechos contaminantes se tratarán de manera adecuada.
- Se deberá acondicionar las zonas utilizadas para la construcción de obras provisionales a su manera inicial o una para utilizarse al futuro.

### 3.6. Análisis de costos y presupuestos

#### 3.6.1. Resumen de metrados

RESUMEN DE METRADO GENERAL			
Ítem	Descripción	Unid	Total
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>		
01.01	CARTEL DE OBRA 3.60x7.20	und	1.00
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00
01.03	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIA	Km	10.305
01.04	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	10.000
01.05	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE OBRA	m2	2,000.00
<b>02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
02.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO	ha	6.18
02.02	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUB RASANTE C/MAQUINARIA	m³	136,239.83
02.03	RELLENO CON MATERIAL PROPIO C/MAQUINARIA	m³	16,824.28
02.04	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m³	90,180.20
<b>03</b>	<b>PAVIMENTOS</b>		
03.01	MATERIAL GRANULAR PARA BASE C/MAQUINARIA	m³	17,572.54
03.02	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE C/MAQUINARIA	m³	14,284.62
03.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m³	75,753.20
03.04	MICROPAVIMENTO, e=2.5 cm	m³	75,753.20
<b>04</b>	<b>OBRAS DE ARTE Y DRENAJE</b>		
<b>04.01</b>	<b>CUNETAS REVESTIDAS DE CONCRETO</b>		
04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN TERRENO NORMAL EN CUNETAS	m	15,619.52
04.01.02	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE CUNETAS	m	15,619.52
04.01.03	REVESTIMIENTO DE CUNETA DE CONCRETO, e=7.5cm	m³	1,769.69
04.01.04	JUNTA DE DILATACION e=1"	m	6,985.05
<b>04.02</b>	<b>ALCANTARILLAS</b>		
04.02.01	EXCAVACION PARA ALCANTARILLA	m³	432.28
04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ALCANTARILLAS	m³	233.00
04.02.03	CONCRETO F'C=175KG/CM2 + 30% PIEDRA MEDIANA	m³	71.59
04.02.04	ALCANTARILLA TMC 24", 32" Y 40"	m	147.90
04.02.05	RELLENO PARA ALCANTARILLA CON MATERIAL PROPIO	m³	533.63
<b>04.03</b>	<b>BADEN</b>		
04.03.01	EXCAVACION PARA BADEN	m³	19.58
04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ALCANTARILLAS	m³	21.60
04.03.03	MAMPOSTERIA DE PIEDRA F'C=175KG/CM2 + 30% PM	m³	35.78
04.03.04	RELLENO PARA BADEN CON MATERIAL PROPIO	m³	6.48
<b>05</b>	<b>TRANSPORTE DE MATERIALES</b>		
05.01	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES ENTRE 120 m Y 1000 m.	m³-km	60,914.27
05.02	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES A MÁS DE 1000 m.	m³-km	2,017.88
05.03	TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE ENTRE 120 m Y 1000 m	m³-km	16,769.69
05.04	TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE A MÁS DE 1000 m.	m³-km	39,269.01
05.05	TRANSPORTE DE MATERIAL DE SUB-BASE ENTRE 120 m Y 1000 m	m³-km	13,713.22
05.06	TRANSPORTE DE MATERIAL DE SUB-BASE A MÁS DE 1000 m.	m³-km	32,126.25
<b>06</b>	<b>SEÑALIZACIÓN</b>		
<b>06.01</b>	<b>SEÑALIZACION VERTICAL</b>		
06.01.01	SEÑALES REGLAMENTARIAS	unid	2.00
06.01.02	SEÑALES PREVENTIVAS	unid	94.00
06.01.03	SEÑALES INFORMATIVAS	unid	2.00
06.01.04	HITOS KILOMÉTRICOS	unid	11.00
<b>06.02</b>	<b>SEÑALIZACION HORIZONTAL</b>		
06.02.01	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m³	2,627.73
<b>07</b>	<b>MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL</b>		
07.01	ACONDICIONAMIENTO DE BOTADERO	m³	119,415.55
07.02	RESTAURACION DE CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS	ha	0.20

### 3.6.2. Presupuesto general

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>174,973.35</b>
01.01	CARTEL DE OBRA 3.60x7.20	und	1.00	1,578.31	1,578.31
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	40,647.46	40,647.46
01.03	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	km	10.31	1,405.43	14,489.98
01.04	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	10.00	8,973.76	89,737.60
01.05	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE OBRA	m2	2,000.00	14.26	28,520.00
02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>603,667.65</b>
02.01	DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO	ha	6.08	2,496.86	15,180.91
02.02	EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO	m3	136,239.83	2.89	393,733.11
02.03	RELLENO MASIVO CON MATERIAL PROPIO	m3	16,824.28	5.09	85,635.59
02.04	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	90,180.20	1.21	109,118.04
03	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>2,654,661.83</b>
03.01	BASE GRANULAR	m3	17,572.54	16.63	292,231.34
03.02	SUB BASE GRANULAR	m3	14,284.62	16.63	237,553.23
03.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	75,753.20	5.80	439,368.56
03.04	MICROPAVIMENTO E=1"	m2	75,753.20	22.25	1,685,508.70
04	<b>OBRAS DE ARTE Y DRENAJE</b>				<b>661,308.91</b>
04.01	<b>CUNETAS</b>				<b>567,267.90</b>
04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO EN TERRENO NORMAL EN CUNETAS	m	15,619.52	0.61	9,527.91
04.01.02	CONFORMACION Y PERFILADO CUNETAS	m	15,619.52	0.67	10,465.08
04.01.03	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	1,769.69	258.49	457,447.17
04.01.04	JUNTA DE DILATACION e=1"	m	6,985.05	12.86	89,827.74
04.02	<b>ALCANTARILLAS MTC</b>				<b>84,036.40</b>
04.02.01	EXCAVACION PARA ALCANTARILLA	m3	432.28	2.10	907.79
04.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFADO DE ALCANTARILLAS	m2	233.00	34.25	7,980.25
04.02.03	CONCRETO F'c=175KG/CM2 + 30% PIEDRA MEDIANA	m3	71.59	248.69	17,803.72
04.02.04	ALCANTARILLA TMC	m	147.90	337.61	49,932.52
04.02.05	RELLENO PARA ALCANTARILLA CON MATERIAL PROPIO	m3	533.63	13.89	7,412.12
04.03	<b>BADEN</b>				<b>10,004.61</b>
04.03.01	EXCAVACION PARA BADEN	m3	19.58	14.13	276.67
04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFADO DE BADEN	m2	21.60	34.25	739.80
04.03.03	CONCRETO F'c=175KG/CM2 + 30% PIEDRA MEDIANA	m3	35.78	248.69	8,898.13
04.03.04	RELLENO PARA BADEN CON MATERIAL PROPIO	m3	6.48	13.89	90.01
04.03	<b>BADEN</b>				<b>10,004.61</b>
04.03.01	EXCAVACION PARA BADEN	m3	19.58	14.13	276.67
04.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFADO DE BADEN	m2	21.60	34.25	739.80
04.03.03	CONCRETO F'c=175KG/CM2 + 30% PIEDRA MEDIANA	m3	35.78	248.69	8,898.13
04.03.04	RELLENO PARA BADEN CON MATERIAL PROPIO	m3	6.48	13.89	90.01
05	<b>TRANSPORTE DE MATERIAL</b>				<b>386,420.11</b>
05.01	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE <1KM	m3k	60,914.27	3.08	187,615.95
05.02	TRANSPORTE DE MAT. EXCEDENTE > 1KM	m3k	2,017.88	1.08	2,179.31
05.03	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA BASE	m3k	56,038.70	1.93	108,154.69
05.04	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA SUB BASE	m3k	45,839.46	1.93	88,470.16
06	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>75,940.92</b>
06.01	<b>SEÑALIZACION VERTICAL</b>				<b>42,621.30</b>
06.01.01	SEÑALES REGLAMENTARIAS	und	2.00	463.64	927.28
06.01.02	SEÑALES PREVENTIVAS	und	94.00	412.80	38,803.20
06.01.03	SEÑALES INFORMATIVAS	und	2.00	840.41	1,680.82
06.01.04	HITOS KILOMETRICO	und	11.00	110.00	1,210.00
06.02	<b>SEÑALIZACION HORIZONTAL</b>				<b>33,319.62</b>
06.02.01	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	2,627.73	12.68	33,319.62
07	<b>MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL</b>				<b>71,583.29</b>
07.01	ACONDICIONAMIENTO DE BOTADERO	m3	119,415.55	0.56	66,872.71
07.02	RESTAURACION DE CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS	ha	0.20	23,552.88	4,710.58
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>4,628,556.06</b>
	<b>GASTOS GENERALES (10%)</b>				<b>462,855.61</b>
	<b>UTILIDAD (5%)</b>				<b>231,427.80</b>
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>5,322,839.47</b>
	<b>IMPUESTO (IGV 18%)</b>				<b>958,111.10</b>

TOTAL PRESUPUESTO

6,280,950.57

SON : SEIS MILLONES DOSCIENTOS OCHENTA MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y 57/100 NUEVOS SOLES

### 3.6.3. Cálculo de partida costo de movilización

#### A. MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS TRANSPORTADOS

Equipos	Peso Tn	Cantidad	N° DE VIAJES	
			Cama baja 25 tn	Cama Baja 16 tn
TRACTOR DE ORUGAS DE 190 - 240 HP	20.520	1	1	
CARGADOR SOBRE LLANTAS 200 - 250 HP HP 4-4.1 yd3	20.830	1	1	
MOTONIVELADORA 250 HP	18.370	1	1	
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7 - 9 TN	11.100	2		2
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 5.5 - 20 TN	5.500	2		1
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	1.700	2	SERAN LLEVADOS EN LOS VIAJES ANTERIORES	
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHAS 4 HP	0.095	4		
MARTILLO NEUMATICO DE 25 - 29 Kg	0.024	4		
ESTACIÓN TOTAL	0.009	2		
NIVEL TOPOGRAFICO	0.007	2		
<b>TOTAL DE VIAJES</b>			3	3
<b>COSTO DE ALQUILER DE EQUIPO</b>			2542.37	2542.37
MOVILIZACION EQUIPO TRANSPORTADO (S/.)			7,627.12	7,627.12
DESMOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO (S/.)			7,627.12	7,627.12
SEGURO DE TRANSPORTE			762.71	762.71
<b>MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO</b>			32,033.90	

#### B. MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS AUTOTRANSPORTADO

DISTANCIA DE CAJAMARCA A CHILAL

EQUIPOS AUTOTRANSPORTADO	CANTIDAD	HM (S/.)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD	HORAS	PARCIAL
CAMIÓN VOLQUETE 15 m3	4	220.34	121	30	4.03	3,554.80
CAMIÓN CISTERNA 4 x 2 (agua) 2000 gl	1	135.59	121	30	4.03	546.89
MOVILIZACIÓN EQUIPO TRANSPORTADO (S/.)						4,101.69
DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO TRANSPORTADO (S/.)						4,101.69
SEGURO DE TRANSPORTE						410.17
<b>MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO AUTOTRANSPORTADO</b>						8,613.56

S/. 40,647.46

### 3.6.4. Análisis de costos unitarios

Estos estarán detallados al final de los anexos.

### 3.6.5. Relación de insumos

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA					
0101010003	OPERARIO	hh	1,505.0136	19.86	29,889.57
0101010004	OFICIAL	hh	4,538.6046	16.31	74,024.64
0101010005	PEON	hh	27,614.5764	14.66	404,829.69
0101030000	TOPOGRAFO	hh	82.4800	22.60	1,864.05
0101030001	CAPATAZ	hh	75.7532	29.41	2,227.90
					<b>512,835.85</b>
MATERIALES					
02010500010006	DISOLVENTE XILOL	gal	78.8319	3.00	236.50
02010500010007	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gal	22,725.9600	9.37	212,942.25
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	150.9174	3.39	511.61
0204030005	TUBO DE ACERO 3"	m	339.8400	12.71	4,319.37
02041200010009	CLAVOS CON CABEZA DE 2 1/2", 3", 4"	kg	152.4176	3.64	554.80
02042900010008	ALCANTARILLA METALICA CIRCULAR TMC Ø=36"	m	155.2950	262.71	40,797.55
0207010005	PIEDRA MEDIANA	m3	37.5795	21.19	796.31
0207010013	GRAVA DE CANTO RODADO	m3	1,028.0880	29.66	30,493.09
02070200010003	ARENA GRUESA PUESTA EN OBRA	m3	1,009.3176	29.66	29,936.36
0207030002	HORMIGON PUESTA EN OBRA	m3	80.3600	29.66	2,383.48
02070400010001	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE	m3	14,284.6200	10.59	151,274.13
02070400010002	MATERIAL GRANULAR PARA BASE	m3	17,572.5400	10.59	186,093.20
02070500010002	TIERRA DE CHACRA	m3	100.0000	3.50	350.00
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	460.6560	5.00	2,303.28
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	15,989.0841	17.71	283,166.68
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	25.9295	11.86	307.52
0216020011	GRASS	m2	210.0000	12.00	2,520.00
0219040002	DADO DE CONCRETO (F'c = 175 Kg/cm2)	m3	19.2319	221.13	4,252.75
0228030002	CALAMINA GALVANIZADA, e=0.25 mm.	pln	240.0000	37.20	8,928.00

02310000010006	PALOS DE EUCALIPTOS 3M	pza	240.0000	9.00	2,160.00
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	361.5500	5.20	1,880.06
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2	392.0827	5.20	2,038.83
0231040002	ESTACAS DE MADERA	p2	515.5000	5.20	2,680.60
0231050001	TRIPLAY	pln	50.5520	32.54	1,644.96
0240020016	PINTURA DE TRAFICO	gal	262.7730	32.00	8,408.74
0263040002	POSTE DE SOPORTE PARA SEÑALES	und	4.0000	65.00	260.00
0292010004	CORDEL (ROLLO)	rl	103.1000	18.20	1,876.42
0293010001	GIGANTOGRAFIA BANNER	m2	28.5100	33.00	940.83
0293040005	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	gib	1.0000	40,647.46	40,647.46
0293040022	HITOS DE KILOMETRAJE	und	11.0000	110.00	1,210.00
0293040023	REFORESTACION DE BOTADERO	m2	119,415.5500	0.10	11,941.56
0293040024	REPOSICION DE TERRENO VEGETAL PARA BOTADEROS	m2	119,415.5500	0.11	13,135.71
0293040025	REMOCION DEL TERRENO VEGETAL	m2	119,415.5500	0.16	19,106.49
0293040026	RELLENO COMPACTADO CON TRACTOR	m3	119,415.5500	0.19	22,688.95
0293040028	MICROPAVIMENTO 2.5 cm	m2	79,540.8600	21.19	1,685,470.82
0293040029	IMPRIMANTE ASFALTICO MODIFICADO	kg	27.9402	8.73	243.92
0293040030	TEKNOPOR DE 3/4"	m2	698.5050	2.85	1,990.74
0293040031	MASILLA PLASTICA BITUMINOSA	kg	1,397.0100	6.83	9,541.58
0293040032	MATERIAL DE RESPALDO PARA SELLADORES	m	6,985.0500	6.21	43,377.16
0293040033	SEÑAL REGLAMENTARIA 30KM/H 60X60	und	2.0000	305.08	610.16
0293040034	SEÑAL PREVENTIVA 60X60	und	94.0000	254.24	23,898.56
0293040035	SEÑAL INFORMATIVA 120X40	und	2.0000	550.85	1,101.70
0293050001	BANDERINES	und	60.0000	17.37	1,042.20
0293050002	LAMPARA INTERMITENTE	und	40.0000	103.39	4,135.60
0293050003	CONO DE SEGURIDAD	und	40.0000	19.50	780.00
0293050004	CILINDRO DE SEGURIDAD	und	20.0000	49.53	990.60
0293050005	LETREROS - AVISOS DE TRANSITO	pza	40.0000	219.46	8,778.40
0293050006	TRANQUERA	und	40.0000	60.59	2,423.60

**2,877,172.53**

#### EQUIPOS

0301000021	ESTACION TOTAL	hm	229.3035	12.71	2,914.45
0301000022	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	82.4800	5.76	475.08
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			12,917.14
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton.	hm	765.0541	123.80	94,713.70
0301100007	PLANCHA COMPACTADORA	hm	216.0433	9.01	1,946.55
0301100009	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 58 HP	hm	7.8944	120.00	947.33
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	175.0816	101.69	17,804.05
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	912.8069	169.49	154,711.64
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1,110.8533	214.29	238,044.75
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	765.0541	170.00	130,059.20
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	2,723.4193	135.59	369,268.42
03012200050003	CAMION CISTERNA 3000 gl (AGUA)	hm	495.7954	119.39	59,193.01
0301220006	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 2000GL	hm	757.5320	110.54	83,737.59
0301220007	COMPRESORA NEUMATICA 250-330 PCM-87 HP	hm	757.5320	78.09	59,155.67
0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	843.7106	12.75	10,757.31
0302010001	CHALECO DE SEGURIDAD	und	20.0000	25.42	508.40

**1,237,154.29**

**Total S/. 4,627,162.67**

### 3.6.6. Fórmula polinómica

Índice	Descripción	% Inicio	% Saldo	Agrupamiento
02	ACERO DE CONSTRUCCION LISO	0.020	3.524	+09+30+37+43+54+61+71+65
04	AGREGADO FINO	0.563	0.000	
05	AGREGADO GRUESO	7.021	7.584	
09	ALCANTARILLA METALICA	0.766	0.000	
13	ASFALTO	36.665	36.665	
21	CEMENTO PORTLAND TIPO I	5.405	6.169	+32
30	DOLAR (GENERAL PONDERADO)	1.887	0.000	
32	FLETE TERRESTRE	0.764	0.000	
37	HERRAMIENTA MANUAL	0.243	0.000	
39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR	13.043	13.043	
43	MADERA NACIONAL PARA ENCOF. Y CARPINT.	0.196	0.000	
47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES	9.631	9.631	
48	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL	13.911	13.911	
49	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORTADO	9.473	9.473	
54	PINTURA LATEX	0.158	0.000	
61	PLANCHA GALVANIZADA	0.168	0.000	
65	TUBERIA DE ACERO NEGRO Y/O GALVANIZADO	0.081	0.000	
71	TUBERIA DE FIERRO FUNDIDO	0.005	0.000	
<b>Total</b>		<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	

### Formula K (Reajuste)

$$K = 0.096^*(Mr / Mo) + 0.035^*(Ar / Ao) + 0.138^*(ACr / ACo) + 0.367^*(Ar / Ao) + 0.095^*(Mr / Mo) + 0.139^*(Mr / Mo) + 0.130^*(Ir / Io)$$

Monomio	Factor	(%) Símbolo	Índice	Descripción
1	0.096	100.000 M	47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES
2	0.035	100.000 A	02	ACERO DE CONSTRUCCION LISO
3	0.138	55.072 AC	05	AGREGADO GRUESO
		44.928	21	CEMENTO PORTLAND TIPO I
4	0.367	100.000 A	13	ASFALTO
5	0.095	100.000 M	49	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORTADO
6	0.139	100.000 M	48	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL
7	0.130	100.000 I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR



#### IV. DISCUSIÓN

El diseño de la carretera en la presente investigación está enmarcado dentro de la normativa vigente, quien establece todos los parámetros necesarios para su diseño y funcionamiento dentro del tiempo de vida programado.

Del levantamiento topográfico realizado en el desarrollo del proyecto, se obtuvo que la orografía del terreno es accidentada (tipo 3) con pendientes transversales entre 45% y 80% y pendientes longitudinales entre 5% y 14% por lo que requiere significativos movimientos de tierras como lo indica el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG (2018).

Con lo referido al estudio de suelos del terreno en la cual se plasma este diseño, se obtuvieron muestras de suelo en lugares donde no se interfiera al tráfico y en lugares estratégicos a cada kilómetro, como lo establece el Manual de Carreteras: Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) para carreteras de bajo volumen de tránsito con  $IMDA \leq 200 \text{ veh/día}$ , a una profundidad de 1.50m para obtener información del tipo de suelo de la zona.

Se encontró para el tramo un suelo, en gran parte, de arena arcillosa (SC), con índices de plasticidad promedio de 9.5% indicando un suelo de plasticidad entre baja y media con humedad promedio de 12% y CBR promedio al 95% de 19.47%. Según el Manual de Carreteras: Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) estos suelos con CBR entre 10% y 20% son clasificados como una subrasante buena.

De los datos del estudio de cantera se cuenta con una grava bien graduada (fragmentos de roca, grava y arena) el cual no presenta índice de Plasticidad; la humedad es de 0.63% y el CBR al 95% es 83.14%, este material es bueno para ser usado como base y sub base del pavimento de la carretera. El CBR de esta cantera es adecuada para usarla en la estructura del pavimento como indica el Manual de Carreteras: Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) para base mayor o igual a 80% y para subbase mayor o igual a 40%. Carrasco y Zunini, (2018) también consideraron una cantera con materiales adecuados con un excelente CBR (41.63%) pero a su vez un IP ligeramente alto 11.35 pero dentro de lo permitido.

En el estudio Hidrológico y obras de arte se diseñó cunetas de sección triangular de dimensiones de 0.40mx1.00m siendo mayores a las dimensiones mínimas, según el

Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2016), para región lluviosa; también se tiene alcantarillas de alivio de diámetro de 36" y alcantarillas de paso de 36" y 48". También se diseñó un badén de sección trapezoidal de 11m de largo con altura de 0.55m y base de 3m .

En lo concerniente al diseño geométrico, el cual se ve reflejado en este diseño, se clasificó al tramo como carretera de tercera clase con  $IMDA \leq 400$  veh/día según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. Para el tramo se consideró una velocidad de diseño de 30 km/h con radios mínimos de 25m; esta velocidad de acuerdo con el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.

Se adoptó un ancho de calzada de 6.00m, ancho de berma de 0.50m, peralte máximo de 12%, pendiente máxima de 10% y mínima de 2%. El tramo cuenta con un bombeo de 2.5% y una inclinación de berma de 4%, talud de corte de 2:1 (V:H) y talud de relleno de 1.5:1 (V:H), estas características cumplen con las indicadas en el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. Así también lo realizaron Pérez y Ruiz, (2015) en su tesis titulada "Diseño de la carretera de acceso desde centro poblado La Conga -La Palma al centro poblado Mitopampa, distrito de Yauyucán, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca" optando con ancho de bermas 0.50 m, talud de corte de 1:2, talud de relleno de 1:1.5.

En el diseño de pavimento se definió la subrasante como buena, el tipo de tráfico como TP0. Se consideró Micropavimento de 2.5cm (1") como capa superficial. El espesor de la base es de 20cm y de la subbase de 15cm, así como lo indica el Manual de Carreteras: Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

Para dar seguridad, a las personas y vehículos en la transitabilidad de la vía, se determinó colocar señales tanto verticales como horizontales. Las señales verticales consideradas son señales de reglamentación, prevención y de información las cuales indican al conductor sobre las restricciones, geometría y lugares de la zona. También se colocará hitos kilométricos y señales horizontales que son las líneas longitudinales.

En la parte de impacto ambiental se tuvo impactos negativos y positivos, tanto en la etapa de construcción como operación de la vía. Los impactos negativos en la etapa de construcción que son aumento de inmisión de material particulado, riesgo de contaminación al río, inadecuada disposición de material excedente alterando al medio ambiente entre otros y en la etapa de operación como el riesgo de accidentes y la

posible extensión urbana no planificada son de magnitud moderada y su manejo ambiental es prevenible y mitigable. Además, se tendrá impactos positivos los cuales, en la etapa de construcción, son mejorar el comercio en esta zona y a la vez generar empleo para las personas de esta zona y en la etapa de operación la mejora del transporte, aumento de la economía y disminución de la emisión de material particulado estos impactos son de magnitud alta. El Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 precisa identificar impactos negativos y positivos que generaría el mejoramiento de la carretera, e indica establecer la solución para mitigar los impactos que puedan producirse por su funcionamiento.

## V. CONCLUSIONES

1. Se realizó el levantamiento topográfico determinando la orografía como un terreno accidentado (tipo 3) con pendientes transversales mayores de 50%.
2. Se realizó el estudio de Suelos y cantera y se determinó el tipo de suelo del tramo en SC (SUCS) y A-2-6(0) (AASHTO), con un CBR al 95% de 19.47% y la cantera un GW (SUCS) y A-1-a (0) (AASHTO), con un CBR al 95% de 83.14%.
3. Se realizó el estudio Hidrológico y diseño de obras de arte, tomando los datos de la estación UDIMA perteneciente al distrito de Pulan obteniendo cunetas de 0.40mx1.00m, 17 alcantarillas y un badén.
4. Se realizó el Diseño Geométrico de la Carretera clasificada como vía de tercera clase. La velocidad utilizada fue 30km/h juntamente con una pendiente longitudinal máxima de 10% y radio mínimo de 25m, que enmarcaron el diseño total de la carretera.
5. Se realizó el estudio de impacto ambiental obteniendo como resultados, impactos negativos los cuales pueden ser prevenidos y mitigados, así como impactos positivos que benefician a la población en el desarrollo económico y a mejorar la calidad de vida.
6. Se realizó la elaboración de los costos y el presupuesto del proyecto obteniendo:

✓ Costo directo	: S/. 4 628 556.06
Gastos generales (10%)	: S/. 462 855.61
Utilidad (5%)	: S/. 231 427.61
✓ Subtotal	: S/. 5 322 839.47
IGV (18%)	: S/. 958 111.10
➤ <b>Presupuesto</b>	<b>: S/. 6 280 950.57</b>

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Por encontrarse el proyecto en una zona de lluvias moderadas, se recomienda ejecutar el proyecto entre junio y octubre, época de escasas de lluvia evitando de esta manera posibles derrumbes de taludes, obteniendo mayor facilidad en las actividades de construcción de la carretera.
2. Se recomienda colocar la señalización vertical correctamente para minimizar los accidentes durante la operación de la carretera.
3. Se recomienda utilizar como material de relleno el suelo proveniente del corte y que no tenga restos orgánicos. Se debe eliminar primero el material orgánico antes de colocar el relleno.
4. Una vez construida la carretera se recomienda realizar el mantenimiento de la calzada y las obras de arte cada año, antes de las épocas de lluvias.
5. Se recomienda utilizar el presupuesto generado en esta investigación unos Gastos generales (10%) que equivalen al monto de S/. 462 855.61 y una Utilidad (5%) que equivale al monto de S/. 231 427.61

## **VII. REFERENCIAS**

ALAMO, James y SANTAMARIA, Hugo. Estudio Definitivo de la Carretera EL Rejo - Andabamba- Yauyucan - Ninabamba, Provincia de Santa Cruz, Departamento de Cajamarca. 2017

ALDAVE, Augusto. “Medio ambiente y desarrollo sostenible”, UNMSM. 2008.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisito de reglamento para el concreto estructural (ACI 318S-05) y comentario. Comité ACI 318. California: ACI, 2004. 490p.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. “Criterios De Diseños De Obras Hidráulicas Para La Formulación De Proyectos Hidráulicos”. Lima. 2010.

CARRASCO, Pedro y ZUNINI, Isaac. Estudio definitivo de la carretera centro Poblado Campamento Rocoto – ciudad de Querocoto, distrito de Querocoto, provincia de Chota, Región de Cajamarca. 2018

CASTRO, Nery. Método para el cálculo de costos unitarios para caminos rurales. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 1979. 189. p.

CRESPO DEL RÍO, Ramón. “Jornadas sobre calidad en el proyecto por la construcción de carreteras”, 1999.

GÓMEZ, Domingo. Consultoría e Ingeniería Ambiental. 2009.

HARMSSEN, Teodoro E. Diseño de estructuras de concreto armado. 3a ed. Perú: Fondo Editorial, 2002. 683 p.

HUAMAN, Rodrigo. La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú. 2011

INGEMMET. Inundaciones y arenamientos. 2010.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS. Guía General de Identificación, Formulación y evaluación de Proyectos de Inversión Pública. 2003

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. “Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras”, 2007.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2013. 2013

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. 2013

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual De Carreteras Diseño Geométrico DG-2018. 2018

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Diseño de Puentes. 2003

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras. 2000

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. 2008

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. 2011

NILSON, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto. 11a ed. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill, 2001. 722 p.

PELAEZ, Hubet y ULLOA, Pedro. Diseño de la carretera Calamarca – Calamarca Alta Sector Chinchinbara, Distrito Calamarca – Provincia de Julcán – Departamento de La Libertad. 2015

PÉREZ, Augusto Rene. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003, 148 p.

PEREZ, Luis y RUIZ, Jacobo. Diseño de la carretera de acceso desde centro poblado La Conga -La Palma al centro poblado Mitopampa, distrito de Yauyucán, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. 2015

PULACHE, Wilmer. “Vientos extremos en la costa peruana, causa y efectos”, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). 2010.

SUZUKI, David y VANDERLINDEN, Kathy. “Tú eres la tierra. Mejora el planeta del que formas parte”. 2005.



ANEXOS

Anexo 1: Datos de estacion Pluviometrica.

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE UDIMA

Departamento : CAJAMARCA Provincia : SANTA CRUZ Distrito : PULAN  
Latitud : 6° 44' 16.85" S Longitud : 78° 55' 6.02" W Altitud : 2065 m.s.n.m.

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1986	20.00	11.00	36.00	31.50	13.00	S/D	4.50	21.00	4.50	10.50	28.00	22.00
1987	23.00	40.00	19.00	25.00	6.50	S/D	7.50	18.00	23.50	13.00	4.00	9.00
1988	12.00	17.00	5.00	29.00	29.00	15.00	17.00	45.00	7.00	29.00	19.00	8.00
1989	21.00	44.00	15.50	13.00	13.00	20.50	S/D	13.50	6.00	46.00	13.00	S/D
1990	5.00	12.00	17.00	32.00	7.00	10.00	3.50	S/D	2.00	20.00	13.00	7.00
1991	11.00	35.00	26.00	43.00	25.00	2.00	4.00	5.00	S/D	19.00	30.00	11.00
1992	17.50	7.50	28.00	19.00	14.50	7.00	5.00	4.00	12.00	24.00	28.00	5.50
1993	19.00	27.00	43.50	43.50	31.50	27.00	6.00	12.00	31.00	24.50	20.00	11.00
1994	22.00	27.50	37.50	43.50	23.00	8.00	2.00	2.50	15.50	15.00	14.00	30.00
1995	42.00	42.00	27.00	23.00	27.00	1.00	17.00	18.00	15.00	20.00	36.00	14.00
1996	14.00	22.00	35.00	26.00	17.00	7.00	S/D	6.50	6.00	46.00	4.00	11.00
1997	8.00	30.00	20.00	24.00	17.00	8.50	S/D	S/D	9.00	6.00	24.00	25.00
1998	43.50	29.00	112.50	34.50	28.00	18.50	4.50	4.00	10.00	18.50	3.50	23.50
1999	34.50	39.00	22.00	48.00	24.00	21.50	17.00	9.00	11.00	13.50	7.00	17.50
2000	20.50	125.00	540.00	43.00	21.00	16.00	S/D	5.20	9.80	2.20	8.20	27.60
2001	20.50	19.50	74.00	38.00	10.40	19.00	9.80	S/D	15.80	6.10	8.40	21.00
2002	4.60	100.50	28.50	63.50	9.90	6.20	0.50	S/D	4.30	13.00	13.80	18.00
2003	18.70	35.50	13.00	25.00	21.60	14.80	4.00	0.70	8.80	3.50	15.80	36.30
2004	12.00	35.10	24.00	37.90	11.60	1.40	10.00	S/D	16.70	52.50	10.40	26.30
2005	6.60	17.30	37.20	14.50	3.90	15.10	1.20	4.50	4.10	34.00	17.80	11.70
2006	31.50	26.80	49.00	15.70	25.00	9.20	8.60	2.30	17.50	1.20	28.00	26.80
2007	11.10	11.20	43.90	23.30	16.60	3.90	4.30	6.40	1.40	11.50	37.20	7.00
2008	19.00	53.80	59.40	75.90	15.20	6.20	11.90	16.80	14.30	31.00	32.10	1.30
2009	51.30	29.60	33.50	43.90	9.40	11.30	3.80	3.00	18.20	6.70	8.60	22.40
2010	7.00	57.00	20.90	40.70	16.00	32.60	10.00	11.90	11.40	11.20	11.70	10.50
2011	24.00	32.00	23.90	31.10	10.70	4.90	20.30	2.20	13.20	13.00	13.80	13.80
2012	30.10	42.20	42.80	32.70	12.10	21.20	1.90	6.20	6.90	20.00	9.40	15.50
2013	14.20	27.10	33.40	22.20	22.40	6.80	2.20	3.30	3.40	32.30	2.10	8.30
2014	S/D	14.00	18.90	18.10	21.80	7.90	3.00	3.20	11.80	14.60	9.10	20.50
2015	14.10	12.10	33.10	24.90	34.70	1.50	27.70	0.40	2.90	15.20	17.90	19.30
2016	38.30	S/D	39.80	37.50	3.20	24.10	6.30	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	S/D	31.90	33.50	24.30	S/D	23.50	0.50	12.90	42.80	19.80	13.90	5.30
MAX	51.30	125.00	540.00	75.90	34.70	32.60	27.70	45.00	42.80	52.50	37.20	36.30
PROMEDIO	20.53	33.99	49.78	32.73	17.45	12.39	7.64	9.13	11.86	19.12	16.18	16.20
MINIMO	4.60	7.50	5.00	13.00	3.20	1.00	0.50	0.40	1.40	1.20	2.10	1.30

## Anexo 2: Coeficientes de Escorrentía

**TABLA: Coeficientes de escorrentia metodo racional**

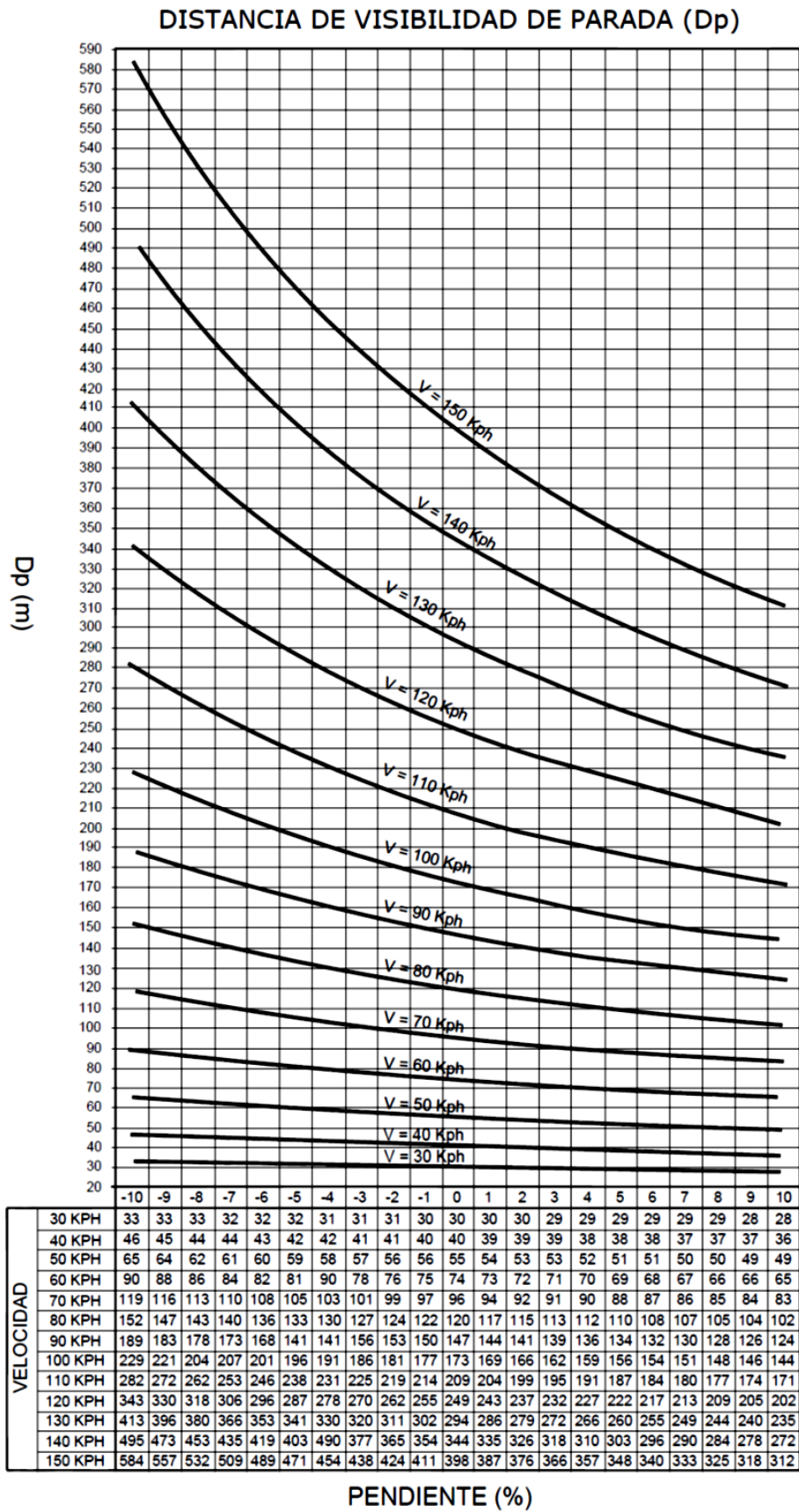
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetacion ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques, densa vegetacion	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Pavimento Asfáltico y Concreto	0.70 – 0.95
Adoquines	0.50 – 0.70
Superficie de Grava	0.15 – 0.30
Bosques	0.10 – 0.20
Zonas de vegetación densa	
• Terrenos granulares	0.10 – 0.50
• Terrenos arcillosos	0.30 – 0.75
Tierra sin vegetación	0.20 – 0.80
Zonas cultivadas	0.20 – 0.40

## Anexo 3: Valores del coeficiente de Manning

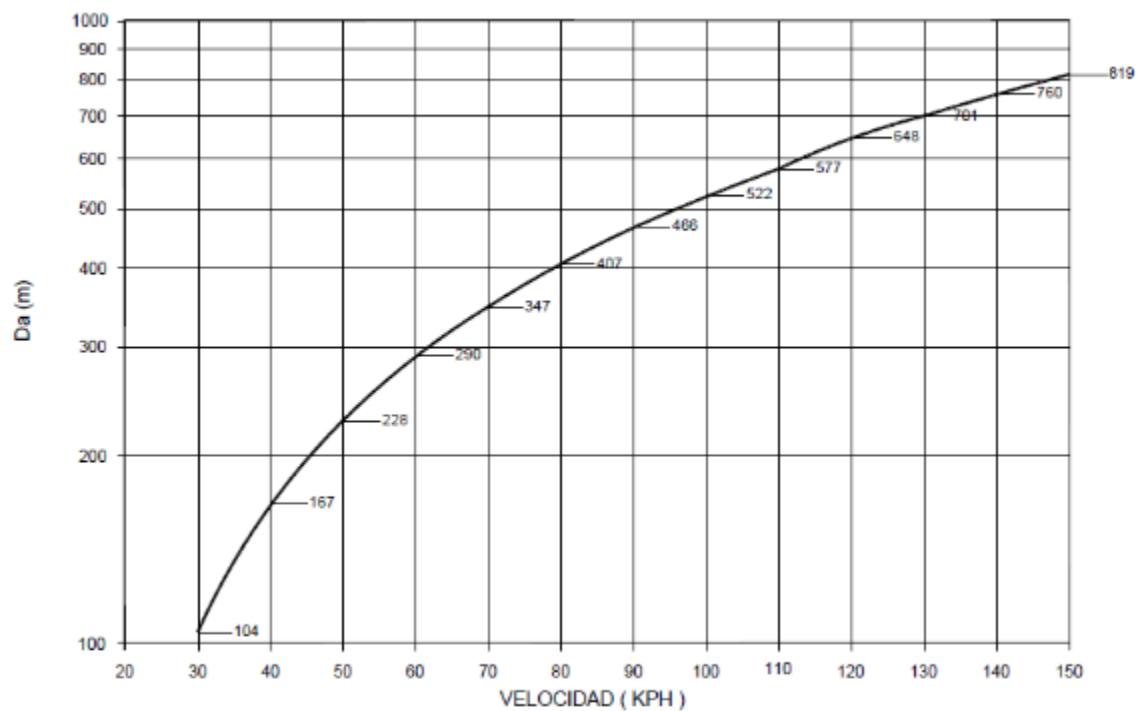
TIPO DE CANAL	Mínimo	Normal	Máximo
Tubo metálico corrugado	0.021	0.024	0.030
Tubo de concreto	0.010	0.015	0.020
Canal revestido en concreto alisado	0.011	0.015	0.017
Canal revestido en concreto sin alisar	0.014	0.017	0.020
Canal revestido albañilería de piedra	0.017	0.025	0.030
Canal sin revestir en tierra o grava	0.018	0.027	0.030
Canal sin revestir en roca uniforme	0.025	0.035	0.040
Canal sin revestir en roca irregular	0.035	0.040	0.050
Canal sin revestir con maleza tupida	0.050	0.080	0.120
Río en planicies de cauce recto sin zonas con piedras y malezas	0.025	0.030	0.035
Ríos sinuosos o torrentosos con piedras	0.035	0.040	0.600

Anexo 4: Distancia de Visibilidad de Parada (Dp)



Anexo 5: Distancia de Visibilidad de Paso (Da)

**Distancia de visibilidad de paso (Da)**



V ( kph )	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Da ( m )	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

Anexo 6: Longitudes de tramos en tangente

**Longitudes de tramos en tangente**

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Dónde:

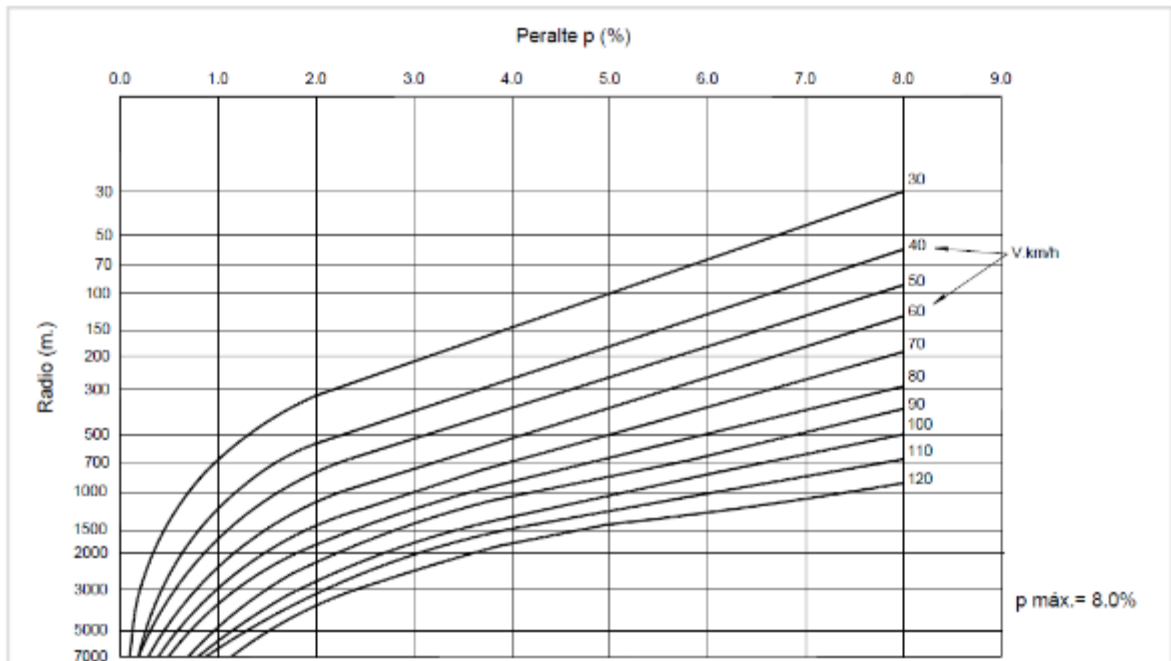
- L<sub>mín.s</sub> : Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).
- L<sub>mín.o</sub> : Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).
- L<sub>máx</sub> : Longitud máxima deseable (m).
- V : Velocidad de diseño (km/h)

Anexo 7: Radio mínimo y peraltes máximos para diseño de carretera

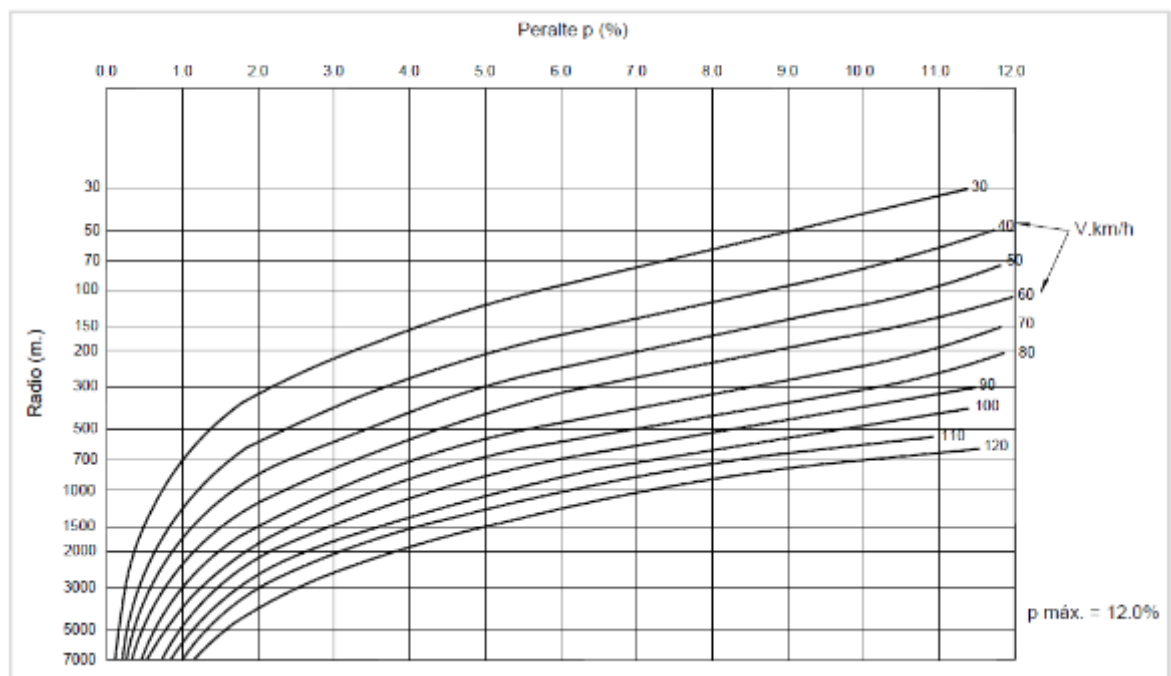
Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	$P$ máx. (%)	$f$ máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (plano u ondulada)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	55
	50	8,00	0,16	82,0	90
	60	8,00	0,15	123,2	135
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,14	229,1	255
	90	8,00	0,13	303,7	335
	100	8,00	0,12	393,7	440
	110	8,00	0,11	501,5	560
	120	8,00	0,09	667,0	755
	130	8,00	0,08	831,7	950
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,00	0,08	665,4	665

Anexo 8: Peralte para una curva por velocidad de diseño y radio.

### ***Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)***



### ***Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)***



Anexo 9: Pendiente Máxima.




Pendientes máximas (%)

Demanda		Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día		> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características		Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																					
	40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	10,0
	50 km/h												7,00	7,00		8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	
	60 km/h									6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00		
70 km/h														6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00		
	80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00	7,00	
	90km/h	4,50	4,50	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00	6,00			6,00	6,00		
	100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00		
110 km/h		4,00	4,00			4,00															
	120 km/h	4,00	4,00			4,00															
	130 km/h	3,50																			



Anexo 10: Catálogo de Estructuras Micropavimento (10años)

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000
CBR %	$M_R$ $2555 \times CBR^{0.84}$	2.5 cm 25 cm 15 cm (*)	2.5 cm 25 cm 20 cm (*)	2.5 cm 30 cm 20 cm (*)	2.5 cm 30 cm 25 cm (*)	2.5 cm 35 cm 22 cm (*)
CBR < 6%	$\leq 8,040$ psi (55.4 MPa)					
	$\geq 6\%$ CBR < 10%	2.5 cm 25 cm 15 cm	2.5 cm 25 cm 20 cm	2.5 cm 30 cm 20 cm	2.5 cm 30 cm 25 cm	2.5 cm 35 cm 22 cm
$\geq 10\%$ CBR < 20%	$> 11,150$ psi (76.9 MPa)	2.5 cm 20 cm 15 cm	2.5 cm 23 cm 15 cm	2.5 cm 25 cm 17 cm	2.5 cm 30 cm 16 cm	2.5 cm 30 cm 20 cm
	$\leq 17,380$ psi (119.8 MPa)					
$\geq 20\%$ CBR < 30%	$> 17,380$ psi (119.8 MPa)	2.5 cm 26 cm	2.5 cm 30 cm	2.5 cm 20 cm 15 cm	2.5 cm 23 cm 15 cm	2.5 cm 25 cm 15 cm
	$\leq 22,530$ psi (155.3 MPa)					
CBR $\geq 30\%$	$> 22,530$ psi (155.3 MPa)	2.5 cm 22 cm	2.5 cm 26 cm	2.5 cm 16 cm 15 cm	2.5 cm 20 cm 15 cm	2.5 cm 20 cm 16 cm

 Micropavimento  
 Base Granular  
 Subbase Granular